ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 JUILLET 1933.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie la perte douloureuse qu'elle vient d'éprouver en la personne de **Édouard Quénu** et donne la parole à M. le Secrétaire perpétuel.

M. **A. Lacroix** prononce les paroles suivantes :

Depuis de longs mois, notre confrère **Édouard Quénu** était éloigné de nous par une cruelle maladie : nous venons de le conduire à sa dernière demeure.

Né le 21 juillet 1852, à Marquise, dans le Pas-de-Calais, il nous quitte après une longue vie d'honneur et de services rendus à la Science, à son pays, à ses semblables. Avec lui disparaît un chirurgien réputé qui n'était pas seulement un virtuose de son art, mais aussi un savant distingué et un éducateur de premier ordre. Lorsqu'en 1917, Guyon vint présenter, dans cette enceinte, les titres de celui qui allait entrer dans notre Section de Médecine et de Chirurgie, il prononça les paroles suivantes qui me paraissent constituer le plus beau des éloges :

Il est un des côtés de la vie professionnelle de Quénu que je ne puis passer sous silence. Quénu a fondé une école qui compte aujourd'hui de nombreux élèves, nombre d'entre eux chirurgiens des hôpitaux, agrégés, professeurs dans les écoles de province; tous ont reçu de leur maître, non seulement une éducation technique, mais aussi une éducation morale; ils ont appris de lui la chirurgie entreprenante, celle qu'on a appelée d'avant-garde, mais jamais la chirurgie chimérique. Ils tiennent maintenant de lui les

grands principes qui sont ceux de notre Société de Chirurgie : vérité dans la Science, probité dans l'Art.

E. Quénu a parcouru allégrement les diverses étapes d'une belle carrière, enlevant de haute main, au concours, les titres d'interne, de prosecteur de chirurgie des hôpitaux, d'agrégé d'anatomie et de physiologie à la Faculté de médecine. Dès 1890, il devient chirurgien de l'hôpital Cochin, où il servira jusqu'à sa retraite. Professeur à la Faculté de médecine en 1907, il est élu l'année suivante membre de l'Académie de médecine. Il faisait partie du Conseil de l'Institut Pasteur, et de nombreuses sociétés savantes s'honorent d'avoir été présidées par lui.

Pendant longtemps chef du laboratoire d'histologie, puis directeur de l'amphithéâtre d'anatomie des hôpitaux et encore collaborateur de Marey, Quénu était rompu à toutes les disciplines de l'anatomie normale, de l'anatomie pathologique, de la physiologie dont il fit la base solide de son œuvre de chirurgien.

Je ne saurais énumérer les questions qu'il a éclairées; qu'il me suffise de rappeler, en anatomie normale, sa découverte d'un plexus nerveux dans les parois du canal thoracique du chien, d'où découle la première démonstration anatomique de l'innervation des vaisseaux lymphatiques et encore son étude sur l'irrigation artérielle et veineuse des nerfs.

En anatomie pathologique, son Mémoire sur la pathologie des ulcères variqueux a mis en lumière l'influence du système nerveux sur leur développement, ses Mémoires sur les hémorroïdes ont été suivis de beaucoup d'autres. Mais son effort principal a porté sur la pathologie intestinale. Son *Traité de la chirurgie du rectum*, publié en collaboration avec le Dr Hartmann, est devenu rapidement classique et il l'est resté. Nombreux sont ses travaux sur le foie, puis sur la rate et le pancréas. Malgré cette préférence, il n'en est pas resté là : l'estomac, le poumon lui ont fourni le sujet de recherches fructueuses et encore les varices, la sciatique des variqueux, etc.

Quénu s'est beaucoup préoccupé de l'aseptie opératoire, non seulement de l'aseptie du matériel de stérilisation, mais encore de celle du chirurgien lui-même. C'est à lui qu'est due l'introduction en France des gants en caoutchouc pour les opérations septiques, et pour cela il lui a fallu briser bien des résistances.

Il ne s'est pas contenté de servir la chirurgie par la parole et à l'aide de son bistouri; il a dirigé la *Revue de Chirurgie*, qui contribue à mieux faire

connaître, à l'Étranger aussi bien qu'en France, la science chirurgicale de notre pays.

La grande guerre devait fournir à Quénu l'occasion de rendre des services d'un caractère encore plus général. Il s'est efforcé de montrer qu'il n'existe pas une chirurgie de guerre et une chirurgie du temps de paix. Tous les blessés ont droit à la compétence nécessaire du chirurgien et à des installations définitives; la répartition des blessés doit appartenir à des chirurgiens de carrière. Et quand il a converti les pouvoirs publics à ses idées, pendant de longs mois, à Paris, il assure lui-même le triage des grands blessés. Il s'oppose à ce que l'on impose à ceux-ci des transports ininterrompus de plusieurs jours et il obtient, non sans peine, leur transport par étapes successives et par relais. C'est lui encore qui, avec une indomptable opiniâtreté, a fait accepter ce principe que le seul traitement rationnel des plaies abdominales de guerre est la laparatomie immédiate. A cet égard le grand chirurgien que fut Léon Labbé lui a rendu publiquement toute la justice qu'il méritait.

Au moment où, pour rendre le suprême hommage à l'un des nôtres, nous évoquons le souvenir de ce que lui doivent la Science et l'humanité, il n'est pas possible de séparer l'homme de son œuvre et il faut chercher à dégager les points saillants de son caractère. Sous une écorce un peu rude, se cachait, en Quénu, un homme plein de bonté et de bienveillance, toujours prêt à obliger, d'une loyauté qui lui a valu le respect de tous ceux qui l'ont connu, un homme d'une probité sévère, à laquelle il devait une autorité incontestée dans le monde médical tout entier. Si parfois son jugement était redouté, c'est qu'on le savait incapable de la plus minime des compromissions.

Dans sa famille, il était le père et le grand-père le plus tendre, le plus enjoué et le plus aimé. A Madame Quénu, à tous les siens qui viennent d'être frappés si durement, à la tête et au cœur, l'Académie adresse ses condoléances émues et l'expression de sa profonde sympathie.

MÉTÉORITES. — *Sur une météorite pierreuse tombée au Maroc le 22 août 1932.* Note [1] de M. A. Lacroix.

Je dois à M. Bourcart les données suivantes sur la première chute de météorite qui ait été observée au Maroc.

D'après le capitaine Larcher, qui a été témoin de ce phénomène, il s'est produit, le 20 août 1932, à 15^h, à Douar Mghila (4^{km} Est de Beni Mellal, sur le flanc septentrional du Moyen Atlas, à environ 200^{km} de Casablanca).

Une sorte de fusée blanche, allant de l'Est à l'Ouest, a été vue traversant le ciel. Elle a été accompagnée d'une détonation que l'on a comparée à celle d'un canon de 75 et qui a été entendue à 10^{km} de la région, où sont tombés une quarantaine de pierres.

Celles-ci ont été ramassées par des indigènes et il semble que 2 ou 3^{kg} en aient été recueillis. Mais deux échantillons seulement ont été retrouvés, l'un pesant 846^g et l'autre 315^g. Ils m'ont été obligeamment communiqués par M. Liouville, directeur de l'Institut scientifique chérifien, qui a bien voulu donner l'un d'eux au Muséum national d'histoire naturelle, l'autre étant exposé au Musée de l'Institut à Rabat.

Ces échantillons présentent des particularités intéressantes, dans leur forme et dans leur structure.

Sauf quelques égratignures, le plus petit est entièrement recouvert de sa croûte; son aspect est celui d'un prisme trièdre, mesurant 6^{cm} (suivant son axe vertical) $\times 5^{cm} \times 4^{cm}$. Il porte, en outre, deux faces, obliques sur les précédentes. Sur deux de ces dernières et sur les deux plus petites, la croûte noire a une surface terne, assez unie, couverte de piézoglyptes peu profonds. Assez uniforme, elle cache complètement les détails de la structure interne. Ce sont là les faces les plus anciennes de la pierre. La troisième face prismatique, au contraire, est raboteuse; sa croûte est très mince et laisse voir les irrégularités sous-jacentes. Il s'agit donc là d'une cassure due à un éclatement datant de la fin de la traversée de l'atmosphère terrestre.

Le second échantillon est une météorite *orientée;* elle a un *avant* et un *arrière*. Les différentes partie de sa surface n'ont donc pas été, comme dans le cas précédent, soumises d'une façon identique aux actions calorifiques. Malheureusement elle est moins intacte, de larges cassures artificielles l'ont

---

(1) Séance du 17 juillet 1933.

quelque peu déformée. Ses dimensions sont $12^{cm} \times 8^{cm} \times 8^{cm}$. Elle est irrégulièrement conique et un peu allongée. Sur le côté avant, on peut distinguer trois régions dont deux sont en zone avec la plus grande dimension de la pièce et une troisième de surface moindre. En outre, obliquement à l'une des extrémités de l'axe d'allongement, la pierre a subi une cassure qui a modifié sa régularité; elle date sans doute de son entrée dans l'atmosphère terrestre, car elle est recouverte d'une croûte identique à celle des surfaces précédemment considérées.

Des piézoglyptes profonds entaillent les trois régions principales, mais tandis que sur l'une d'elles ils sont sensiblement circulaires, par suite du choc direct de l'air normalement à ce plan, perpendiculaire à la trajectoire; sur les autres, inclinées sur ce plan, elles sont elliptiques et divergentes à partir du sommet de la pièce, vers lequel elles se terminent en pointe. La surface de cette partie avant et celle de la cassure ancienne dont il vient d'être question sont recouvertes d'une croûte uniforme, finement granuleuse, semblable à celle de la météorite précédente; par contre, la croûte de la partie arrière qui consiste en une surface bosselée, irrégulière, à piézoglyptes vaguement dessinés, est scoriacée.

La cassure de cette météorite est grisâtre; elle laisse voir localement une texture bréchiforme. La pierre se polit facilement, faisant apparaître ainsi des grains métalliques et des chondres de petite taille, peu nombreux; ils ne peuvent être détachés de la masse finement cristalline qui les enveloppe.

Au point de vue minéralogique, il s'agit d'une *chondrite miosidérifère* (1), composée d'olivine et d'hypersthène, avec une teneur en fer nickélé voisine de 8 pour 100. La quantité de pyrrhotine est moindre.

L'examen microscopique montre, en outre, un peu de clinohypersthène, généralement cerclé par une étroite zone plus biréfringente de clinohypersthène-diopside. Enfin, il faut signaler fort peu de plagioclase peu ou pas maclé et de maskelynite.

La structure est microgrenue. En un point donné, les grains d'olivine et d'hypersthène ont sensiblement les mêmes dimensions, mais celles-ci varient dans les différentes régions de la météorite, et, de loin en loin, apparaissent de grandes plages d'hypersthène englobant pœcilitiquement de nombreux grains d'olivine. Comme d'ordinaire, le feldspath remplit certains des intervalles des minéraux précédents.

Les chondres ne sont pas très nombreux, mais assez variés de forme, de

(1) Pour ma nomenclature cf. *Bull. Muséum*, Paris, 1927, p. 412.

composition et de structure : chondres simples (monosomatiques à olivine, avec maskelynite comme remplissage des cavités cristallitiques), chondres complexes soit d'olivine (réunion de cristaux cristallitiques en grilles), soit d'hypersthène (chondres sphérolitiques excentriques), soit enfin chondres formés par la réunion des deux minéraux précédents, avec clinohypersthène. Ces chondres sont généralement hystérocristallins, mais j'ai rencontré aussi quelques types protérocristallins, formés de cristaux automorphes réguliers d'olivine et de baguettes cristallitiques de clinohypersthène. Ces chondres, souvent imprégnés par les minéraux métalliques, n'ont pas toujours des contours nets ; ils semblent, par places, passer insensiblement à la masse microgrenue qui les encastre solidement.

Cette structure rappelle celle des *amphotérites*, et particulièrement de celle de la chute de Bandoeng. Son étude me paraît confirmer les vues émises par M. W. Wahl ([1]), consistant à interpréter les chondrites, *dites cristallines*, par la transformation pyrométamorphique de chondrites à structure tufacée.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Transformation du terme intermédiaire de l'oxydation permanganique de l'acide urique en acide allantoïque, en présence des ferments de soja et de cyanure de potassium.* Note ([2]) de MM. **R. Fosse**, **P. de Graeve** et **P.-E. Thomas**.

L'importance de l'acide urique en chimie, biologie et pathologie explique le nombre considérable de travaux concernant le mécanisme de sa dégradation par oxydation et fermentation. En 1907, Wiechowski ([3]) démontre que, dans sa destruction par les ferments animaux, l'acide urique s'oxyde pour donner l'allantoïne d'après la réaction de Liebig et Wöhler (1838) ([4]).

L'uricolyse peut alors être représentée par le schéma

$$
(A)\qquad
\begin{array}{c}
\begin{array}{l}
NH - CO \\
\;|\qquad\;\; | \\
CO\quad C - NH\diagdown \\
\;|\qquad\;\; \|\qquad\quad CO. \\
NH - C - NH\diagup
\end{array} \\
\text{Acide urique.}
\end{array}
\quad
\xrightarrow[\text{Uricase.}]{O + H^2O - CO^2}
\quad
\begin{array}{c}
\begin{array}{l}
NH^2\qquad NH \\
\;|\qquad\;\diagup\;\diagdown \\
CO\quad CO\quad CO \\
\;|\qquad\;|\qquad\;| \\
NH - CH - NH
\end{array} \\
\text{Allantoïne.}
\end{array}
$$

([1]) *Zeitsch. f. anorgan. Chemie*, **69**, 1910, p. 80.

([2]) Séance du 7 juillet 1933.

([3]) Wiechowski, *Beiträge z. Chem. Physiol.*, **9**, 1907, p. 295.

([4]) Liebig et Wöhler, *Liebig's Annalen der Chemie*, **26**, 1838, p. 244.

L'acide urique, récemment découvert chez les végétaux supérieurs [R. Fosse, P. De Graeve et P.-E. Thomas (1)], fermente aussi dans certains de leurs organes, où il est le point de départ et la cause d'une série de transformations plus nombreuses que chez les animaux. C'est ce que démontre sa coexistence fréquente dans une foule de graines avec les ferments : uricase, allantoïnase, uréase, et avec ses produits de dégradations : allantoïne, acide allantoïque, urée et ammoniaque. Les uns et les autres sont étroitement liés entre eux par la relation

$$(B)\quad \underset{\text{Acide urique.}}{\begin{matrix}NH-CO\\ |\quad\ \ |\\ CO\quad C-NH\diagdown\\ |\quad\ \ \|\qquad\quad >CO\\ NH-C-NH\diagup\end{matrix}} \xrightarrow[\text{Uricase.}]{O+H^2O-CO^2} \underset{\text{Allantoïne.}}{\begin{matrix}NH^2\quad NH\\ |\quad\ \diagup\ \diagdown\\ CO\quad CO\quad CO\\ |\quad\ \ |\quad\ \ |\\ NH-CH-NH\end{matrix}} \xrightarrow[\text{Allantoïnase.}]{+H^2O} \underset{\text{Acide allantoïque.}}{\begin{matrix}NH^2\qquad\quad NH^2\\ |\qquad\qquad\ |\\ CO\quad CO^2H\quad CO\\ |\quad\ \ |\qquad\quad |\\ NH-CH-\!-\!-NH\end{matrix}}$$

$$\xrightarrow{+2H^2O} \underset{\text{Acide glyoxylique.}}{\begin{matrix}CH(OH)^2\\ |\\ CO^2H\end{matrix}} + 2\underset{\text{Urée.}}{\begin{matrix}NH^2\\ |\\ CO\\ |\\ NH^2\end{matrix}} \xrightarrow[\text{Uréase.}]{+2H^2O} +4NH^3+2CO^2.$$

Chez les animaux, le métabolisme de l'azote *purique* se termine, en partie ou en totalité, à des purines, à l'acide urique, à l'allantoïne, rejetés par l'urine.

Chez les végétaux, au contraire, il se poursuit jusqu'à la matière minérale, l'ammoniaque, leur aliment azoté par excellence.

La dégradation de l'acide urique à l'état d'allantoïne, sous l'influence du permanganate de potassium, ne se produit pas directement; elle engendre d'abord un corps capable de donner soit l'allantoïne, soit l'acide uroxanique. Ce terme intermédiaire ne peut posséder que la formule symétrique de l'oxyacétylènediuréinecarbonique, expliquant la formation, non seulement des deux corps cités (C), mais aussi de la 3-méthyl ou de la 1-méthylallantoïne, obtenues par Emil Fischer (2) en oxydant indifféremment les acides 1-méthyl et 7-méthylurique dans le premier cas et les acides

(1) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1408; **195**, 1932, p. 1198; **196**, 1933, p. 883, 1264.

(2) E. Fischer et F. Ach, *Berichte der deutsch. chem. Gesells.*, **32**, 1899, p. 2745.

3-méthyl et 9-méthylurique dans le second. [R. Behrend ([1]), H. Biltz ([2]) et leurs collaborateurs.]

(C)

```
                                 CO²H                          (5)
   (6)                            |            milieu acétique  (6)NH—CH—NH(1)
(1)NH—CO                       NH—C—NH      ┌──────────────→     |    |    |
   |    |   (7)                 |   |   |    │     —CO²         (7)CO  |   CO(2) allantoïne
(2)CO (5)C—NH  (8)   +O+H²O    CO   |   CO ──┤                      |   |    |
   |    ||     >CO   ──────→    |   |   |    │                  (8)NH²  CO—NH(3)
(3)NH—C—NH/                    NH—C—NH      │                         (4)
     (4)  (9)                       |        │ milieu alcalin               CO²H
                                    OH       └──────────────→               |
                                                  +H²O       NH²—CO—NH—C—NH—CO—NH²
                                                                             |
                                                                            CO²H

Acide urique.            Oxyacétylène-                         Acide uroxanique.
                          diuréine-
                          carbonique.
```

L'uricolyse résulte de trois réactions chimiques successives : l'oxydation, l'hydratation et la décarboxylation ; la première et la troisième, ayant des pH optima différents, ont pu être séparées l'une de l'autre par K. Félix, F. Scheel et W. Schuler ([3]).

Dans l'oxydation permanganique de l'acide urique, W. Schuler et W. Reindel ([4]) réussissent à isoler l'oxyacétylènediuréinecarbonique, hypothétique, à l'état de sel tri- et diargentique, et à produire à ses dépens l'allantoïne et l'acide uroxanique.

W. Schuler et W. Reindel pensent que ce corps doit aussi se former *in vivo* dans l'uricolyse et précéder l'allantoïne.

Formation de l'acide allantoïque par l'action du soja sur le produit intermédiaire de l'oxydation permanganique de l'acide urique. — On oxyde à froid l'acide urique dissous dans la potasse, par la quantité de permanganate correspondant à 1 atome d'oxygène par molécule d'acide urique.

La liqueur, exempte d'acide urique, pourvue de soja et de KCN (pour

---

([1]) R. Behrend, *Liebig's Annalen der Chemie*, 333, 1904, p. 141 ; R. Behrend et R. Schultz, *ibid.*, 365, 1909, p. 21 ; R. Behrend et Ziegler, *ibid.*, 410, 1915, p. 337 ; Venable, *Am. Soc.*, 40, 1918, p. 1102 et 1111.

([2]) H. Bilz et F. Max, *Berichte der deutsch. chem. Gesells.*, 53, 1920, p. 1964 ; H. Bilz et R. Robl, *ibid.*, 53, 1920, p. 1971 ; H. Bilz et F. Max, *ibid.*, 54, 1921, p. 2454.

([3]) K. Félix, F. Scheel et W. Schuler, *Zeitschr. phys. Chem.*, 180, 1929, p. 90-106.

([4]) W. Schuler, *Zeitschr. phys. Chem.*, 208, 1932, p. 237 ; W. Schuler et W. Reindel, *ibid.*, 208, 1932, p. 248-257 ; 215, 1933, p. 258-266.

inhiber les ferments oxydants) engendre l'acide allantoïque, que l'on isole et identifie par l'analyse qualitative élémentaire, sous forme de son sel d'argent.

La même expérience avec ce végétal préalablement porté à 120° ne permet pas d'isoler d'allantoate d'argent.

Puisque ce produit d'oxydation de l'acide urique se comporte comme l'allantoïne en présence de l'allantoïnase, nous avons institué de nouvelles expériences, en partant du sel triargentique de l'oxyacétylènediuréine-carbonique, exempt d'allantoïne, isolé par Schuler et Reindel. Les résultats sont identiques.

Expériences A. — Neutraliser partiellement par HCl N la liqueur d'oxydation venant d'être préparée, en lui conservant une très faible réaction alcaline; la diluer de manière que son titre corresponde à 1^g, environ, par litre, de l'acide urique initial.

Placer au bain d'eau à 40°, pendant 15 heures, en flacons bouchés, les milieux suivants :

	E	T
Liqueur d'oxydation...............	150^{cm^3}	150^{cm^3}
Soja broyé.........................	$1^g,50$	-
Soja broyé porté à 120°...........	-	$1^g,50$
Cyanure de K	$0^g,015$	$0^g,015$
Carbonate d'ammonium..........	$0^g,30$	$0^g,30$
Chloroforme........................	$0^{cm^3},5$	$0^{cm^3},5$

Caractérisation de l'acide allantoïque par la formation d'urée résultant de l'hydrolyse acide :

A 5^{cm^3} des liquides filtrés, ajouter HCl N pour amener le titre acide à N/20 environ; chauffer 30 minutes à 60°; alcaliniser, déféquer par l'iodomercurate acétique. Appliquer au filtrat la méthode de dosage pondéral de l'urée dans le sang.

Le milieu E donne un abondant précipité de xanthylurée, tandis que le témoin T reste limpide.

Isolement de l'acide allantoïque :

Filtrer sur coton E et T; déféquer par 1/20ᵉ de leur volume de nitrate d'argent N; centrifuger; ajouter aux liquides de l'acétate mercurique jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de précipité; après 3 heures à la glacière, centrifuger et laver deux fois avec de l'eau; décomposer par H^2S, dans la glace, le dépôt délayé dans 15 à 20^{cm^3} d'eau; centrifuger et ajouter du nitrate d'argent pulvérisé à la liqueur privée de H^2S par courant d'air. Après quelques heures à la glacière, recueillir le dépôt argentique, le laver trois fois à l'alcool et le dissoudre au bain-marie bouillant dans 8 à 10^{cm^3} d'eau. Le

filtrat abandonne à la glacière de belles aiguilles groupées que l'on soumet à une nouvelle cristallisation; laver à l'alcool absolu, à l'éther et sécher dans le vide.

Analyse. — Trouvé : Ag pour 100, 37,84; calculé pour

$(NH^2CONH)^2CH.CO^2Ag$: Ag pour 100, 38,12.

Une trace de ce sel traité par une goutte de HCl dilué, 1 minute à 100°, produit de l'urée, et une très forte réaction colorée avec le réactif chlorhydrate de phénylhydrazine-ferricyanure-HCl.

Expériences B. — L'oxydation de l'acide urique par le permanganate et la précipitation du sel triargentique de l'oxyacétylènediuréinecarbonique ont été faites en suivant exactement la technique de Schuler et Reindel.

Décomposer par le chlorure de sodium en léger excès moléculaire, en présence de quelques gouttes d'acide acétique à 50 pour 100, dans la glace, 2^g de sel d'argent en suspension dans l'eau; centrifuger, laver le précipité par l'eau; neutraliser, compléter le volume à 400^{cm^3} et soumettre cette liqueur aux expériences précédemment décrites.

Le liquide E, seul, produit l'acide allantoïque, caractérisé par l'urée formée en milieu acide, puis identifié par l'analyse de son sel d'argent.

Analyse. — Trouvé : Ag 37,92 pour 100; calculé pour

$(NH^2CONH)^2CHCO^2Ag$: Ag 38,12 pour 100

Conclusion. — Rien ne s'oppose à ce que le terme intermédiaire d'oxydation permanganique alcaline de l'acide urique, l'oxyacétylènediuréinecarbonique de Behrend-Bilz-Schuler-Reindel se forme aussi dans la fermentation de l'acide urique et produise, *par action purement chimique ou diastasique*, l'allantoïne que l'allantoïnase transforme en acide allantoïque.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *L'homme est insensible, même sous forme d'infection inapparente, à l'inoculation des virus aphteux des types connus.* Note de MM. **Charles Nicolle** et **L. Balozet**.

Dans des Communications antérieures, nous avons montré que certaines maladies animales, étrangères en apparence à l'homme, pouvaient cependant être communiquées à notre espèce sous forme d'infection inapparente. Tel est le cas de la maladie du jeune âge du chien (¹); tel est celui de la peste porcine (²). La virulence du sang des individus inoculés de ces virus

(¹) Ch. Nicolle, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1069.
(²) Ch. Nicolle et L. Balozet, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1537.

révèle seule la sensibilité de l'homme. Aucun signe clinique ne l'accompagne, et, jusqu'à présent, aucune donnée d'ordre épidémiologique n'avait conduit à soupçonner le fait.

La fièvre aphteuse nous apporte un exemple contraire. Bien qu'elle soit considérée par bon nombre de médecins et de vétérinaires comme pouvant se transmettre à notre espèce, celle-ci se montre réfractaire aux inoculations, même, ainsi que nous le verrons, sous forme de maladie inapparente.

On sait que l'homme peut présenter des lésions vésiculeuses, analogues aux aphtes des bovidés. Le siège classique de ces lésions est la muqueuse buccale; exceptionnellement on les a vues s'étendre aux doigts et aux orteils. Le caractère épidémique de certaines de ces manifestations et leur coexistence avec des épizooties bovines ont pu faire penser à l'identité des infections. C'est en partant de telles observations que Kling et Höjer attribuent à l'homme un rôle important dans la dissémination de la fièvre aphteuse : le virus de cette maladie pourrait, d'après eux, se conserver à la surface des muqueuses de l'homme et le sérum humain montrerait, au cours des épizooties, un pouvoir virulicide marqué vis-à-vis du virus aphteux.

Des conclusions analogues ont été formulées par Pape, qui se serait inoculé accidentellement le virus aphteux, et par Pancera, par Gerlach, qui auraient obtenu la transmission des aphtes humains aux bovidés. Ces diverses observations et expériences sont insuffisantes. La preuve de l'identité des virus ne sera acquise que si, partant de l'homme contaminé, on transmet la maladie aux animaux d'expérience, puis qu'après plusieurs passages positifs, on démontre, par l'épreuve des immunités croisées avec un virus aphteux authentique, que le virus recueilli sur l'homme est bien, lui aussi, un virus aphteux.

Cette démonstration manque encore. Au contraire, on connaît de nombreux essais négatifs de transmission de la fièvre aphteuse à notre espèce. Parmi les tentatives les mieux conduites, citons celles de Ch. Lebailly [1]. Cet auteur n'a pu transmettre la fièvre aphteuse par inoculation à trois personnes, d'une lymphe, virulente pour les bovidés témoins. Il a échoué également dans des essais d'inoculation au veau du liquide des vésicules de la stomatite aphteuse (il vaudrait mieux dire pseudo-aphteuse) humaine.

Aucun expérimentateur n'avait encore cherché la sensibilité de l'homme en tenant compte : d'une part, de la pluralité des virus aphteux, de l'autre de l'existence des infections inapparentes. Grâce à l'obligeance de

---

(1) *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 1140.

M. Rinjard, qui a bien voulu nous adresser les virus types O, A et C de son laboratoire, nous avons pratiqué cette expérience.

Avec chacun de ces virus, trois sujets ont été inoculés. Le matériel d'inoculation était constitué par une macération, pendant 24 heures, de lésions aphteuses provoquées sur les quatre pattes de cobayes; les animaux étaient sacrifiés 18 à 20 heures après l'inoculation; les pattes savonnées, rincées à l'eau stérile et les lésions prélevées divisées en petits fragments qu'on plaçait dans 5 à 6^{cm^3} de sérum physiologique phosphaté. Après les 24 heures de macération et une filtration sur gaze, le liquide était inoculé dans le derme du bord de la paume de la main et de la plante du pied d'un sujet, dans l'épaisseur de la muqueuse de la joue et de la gencive d'un deuxième, et le reste du liquide, 4 à 5^{cm^3} dans les muscles de la cuisse d'un autre sujet. L'inoculation d'un cobaye témoin a, chaque fois, démontré la parfaite virulence du matériel injecté.

Aucun des neuf sujets adultes, inoculés des trois manières décrites et avec chacun des trois virus, n'a manifesté de réaction locale ou générale. Leur sang, prélevé aux 24e, 48e et 72e heures et inoculé au cobaye et au porcelet, n'a pas provoqué le développement de la fièvre aphteuse. La quantité de sang, inoculée dans les muscles du porcelet, atteignait cependant 45 à 55^{cm^3} (total des prélèvements pendant les trois jours). Aucun des virus aphteux connus n'a donc infecté l'homme, même sous forme inapparente, même par inoculation intramusculaire d'une quantité importante de virus. Toute trace en était disparue du sang, 24 heures après l'inoculation.

Ces expériences, poursuivies au cours de l'année 1932, ont eu lieu en l'absence de toute épizootie de fièvre aphteuse, alors que la maladie n'avait pas été signalée en Tunisie depuis plusieurs années. Il n'y a donc pas lieu de penser que nous avons inoculé des sujets, réfractaires du fait d'une atteinte antérieure et dont le sang aurait présenté des propriétés viruli-cides, signalées par Kling et Höjer.

En concluant au défaut de sensibilité de l'homme à l'égard des virus aphteux O, A et C, il convient de faire remarquer que les virus dont nous nous sommes servis sont des virus adaptés au cobaye. On sait que les propriétés pathogènes de tels virus à l'égard des espèces naturellement atteintes sont quelque peu modifiées.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Transmission du typhus murin par piqûres et ingestion de puces infectées.* Note de MM. **Charles Nicolle, J. Laigret** et **P. Giroud.**

Nous avons montré, dans une Note précédente (1), que les virus des fièvres exanthématiques sont capables de traverser la paroi digestive des rats. Nos expériences portaient sur trois virus d'origine murine (un de Toulon, deux de Mexico), sur un virus typhique historique (Tunis) et sur un virus de la Fièvre pourprée des Montagnes Rocheuses (Montana).

Nous avons repris ces expériences en nous servant, non plus d'organes virulents, mais de puces infectées. Nous avons limité nos recherches à l'un des virus murins, celui de Toulon, et à l'espèce la plus répandue des puces du rat, *Xenopsylle cheopis*.

Expériences : *Puces.* — 102 puces sont nourries, matin et soir, le 7 décembre, sur un cobaye au quatrième jour de sa fièvre; on leur ajoute, le lendemain, 58 puces neuves et l'ensemble est nourri, matin et soir, ce même jour et le jour suivant sur des cobayes infectés du virus toulonnais et fébriles.

Au quatrième jour de l'expérience, les 160 puces sont portées sur un singe, *Macaccus rhesus*, et nourries sur lui pendant 8 jours consécutifs, matin et soir.

Le dix-huitième jour de l'expérience, il reste 75 puces vivantes; elles sont tuées par le chloroforme et bien lavées; ensuite on les broie. Une moitié du produit de broyage est inoculée sous la peau des cobayes 101 et 103; l'autre est ingérée, après mélange avec du pain, par les rats blancs 53 et 55, laissés à jeun depuis quelques heures. Ces rats ingèrent dans sa totalité le pain contaminé en moins d'une heure.

Singe piqué par les puces infectées. — Observé pendant 23 jours, ce singe n'a présenté aucun symptôme, en particulier aucune élévation thermométrique. Réinoculé quatre jours plus tard avec le virus toulonnais de passage (témoin positif), il ne s'est pas infecté. Les piqûres de puces lui avaient donc donné un typhus inapparent qui l'a vacciné contre l'inoculation virulente d'épreuve.

Cobayes inoculés sous la peau avec le produit de broyage des puces infectées (Cob. 101 et 103). — Ils se sont comportés de même. Aucune élévation

(1) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 225.

thermométrique à la suite de l'inoculation des puces broyées (observation 20 jours). Éprouvés après ce délai par l'inoculation du virus de passage (témoin positif), ils n'ont présenté aucune fièvre. L'épreuve est recommencée au 21e jour; même résultat négatif. L'inoculation du produit de broyage des puces avait donc donné aux deux cobayes un typhus inapparent qui les a immunisés contre l'inoculation virulente d'épreuve (répétée deux fois).

Rats ayant ingéré le produit de broyage des puces infectées (Rats 53 et 55). — Ils se sont comportés de même; aucune élévation thermométrique. On les sacrifie le 13e jour et l'on inocule leurs cerveaux aux cobayes 115 et 117.

Les cobayes 115 et 117 se sont comportés de même; ils n'ont présenté aucune élévation thermométrique. Éprouvés au 21e jour par l'inoculation du virus de passage, ils ne se sont pas infectés.

L'ingestion par les rats de puces infectées a donc donné à ces rats un typhus inapparent qui s'est transmis aux cobayes par l'inoculation du cerveau des rats sous forme, aussi, d'infection inapparente, leur conférant l'immunité contre l'inoculation virulente d'épreuve.

Résultats et conclusions. — Ces expériences confirment ce que l'on savait déjà sur le rôle des puces dans la transmission du typhus murin; elles enseignent, en outre :

1° Que le singe peut être infecté par piqûres de puces (jusqu'à présent, les expériences d'infection tentées par piqûres directes ont échoué sur cobayes et sur rats);

2° Que les rats peuvent s'infecter par ingestion des puces. Cette constatation, jointe à celle que notre dernière Note avait apportée, montre que c'est d'ordinaire par voie digestive que se fait la transmission du typhus murin de rat à rat (ingestion des puces, cannibalisme des rats).

3° Nos expériences font ressortir, une fois de plus, l'importance des infections inapparentes dans les typhus. Aucun des animaux infectés par les puces (singe, cobayes, rats) n'a présenté un typhus fébrile, quelle que fût la voie d'introduction (sous-cutanée, digestive) et, dans les expériences sur l'ingestion des cerveaux, rapportées par notre Note antérieure, la moitié des infections des cobayes, révélateurs de l'infection des rats, avait été inapparente. En l'absence de la connaissance de ce type d'infection, les résultats probants que nous présentons auraient été interprétés comme négatifs.

MAGNÉTISME. — *Diamagnétisme et température.* Note [1] de MM. **B. Cabrera** et **H. Fahlenbrach.**

L'ancienne idée de Weber, suivant laquelle le diamagnétisme serait un phénomène d'induction, reste encore la seule explication adéquate, car les théories plus concrètes de Langevin, Van Vleck et Bither, identiques, somme toute, à la précession de Larmor, ne sont valables que pour des atomes libres.

On ne saurait méconnaître, toutefois, que moyennant la formule de Langevin, appliquée aux susceptibilités atomiques, déduites d'après la loi d'additivité des susceptibilités moléculaires, on arrive, pour les rayons atomiques, à des valeurs tout à fait convenables. Cela suggère la possibilité de schématiser les couches atomiques (définies par le quantum principal n) comme étant des circuits à aire πR_n^2 et dans lesquels se produiraient les phénomènes d'induction postulés par Weber. La plus grende influence sur χ correspond à la couche superficielle, celle qui est aussi la plus sensible aux perturbations.

De la sorte on serait à même d'expliquer la loi d'additivité sous la forme qu'a donnée Pascal, soit

$$\chi_m = \sum_i a_i \chi_i + \lambda,$$

puisqu'alors le terme λ pourrait être interprété comme étant la mesure des déformations structurelles de la surface des atomes, déformations qui seraient produites, tant pour les liaisons atomiques que pour les forces cristallines, celles-ci à caractère plus simple.

Une analyse superficielle permet de conclure que χ_m doit être indépendante de la température, le changement brusque qui se produit lors de la fusion (Oxley) mis à part; une telle conclusion est, néanmoins, dans certains cas, en contradiction avec les résultats d'expérience.

Un exemple nous est fourni par toute une série de corps, y compris l'eau, les alcools à 1, 2, 6, 8 et 12 atomes de carbone, le nitrobenzène et le métacrésol que nous étudions actuellement dans l'intervalle — 50° à 150°C. Les résultats obtenus induisent à conclure que la loi générale concernant la variation thermique de χ est représentable au moyen d'une courbe,

---

(1) Séance du 24 juillet 1933.

comme celle représentée dans la figure 1, où t_f désigne la température de fusion. Pour des valeurs de t très éloignées de t_f, il arrive que χ devient constante, quoique sa valeur soit plus grande pour la phase liquide que pour la phase solide. Cette différence est, sans doute, attribuable au terme λ, provoqué par l'intervention des forces cristallines.

Certes, la grandeur du dernier terme λ doit être en rapport avec la structure de la molécule dont il s'agit. Des ce point de vue, il est intéressant de remarquer que, d'accord avec une idée déjà émise par Krishnan et ses collaborateurs, la figure 2 suggère l'existence d'un certain parallélisme entre $\Delta\chi$ et le moment électrique dipolaire de la molécule considérée.

Bien souvent, au voisinage de t_f, mais comprenant une intervalle de température assez étendue (*fig.* 1), la valeur de χ varie avec t, et cela peut-être

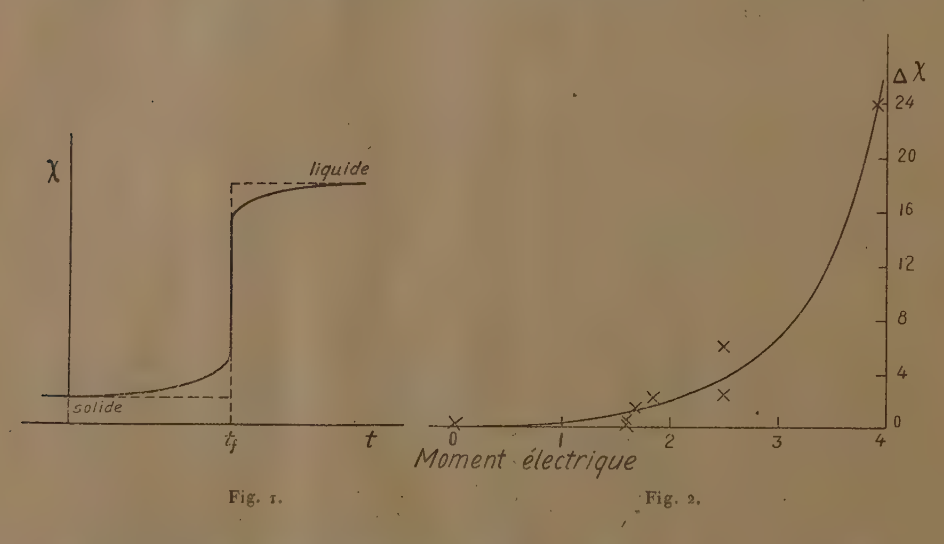


Fig. 1. Fig. 2.

comme conséquence des phénomènes de fluctuation. Pour $t > t_f$ ils peuvent exister, chez la phase liquide, des assemblages moléculaires à structure cristalline, qui réduisent la valeur globale de χ; par contre, lorsque $t < t_f$ quelques portions si petites soient-elles des cristaux seront démolies, ce qui entraînera une diminution parallèle dans la valeur de λ.

Nul doute, que la grandeur de la variation dépendra de la constitution du corps considéré. Aussi, il n'est pas étonnant que pour l'eau et les alcools ledit phénomène soit remarquable, tandis que chez le nitrobenzène et le métacresol il soit bien difficile d'établir une intervalle où χ varie. Cette

influence de la constitution sur la variation de χ, au voisinage du point de fusion; peut avoir pour conséquence de faire que la courbe, au-dessus et au-dessous de cette température, montre une allure différente. Il est à remarquer qu'il n'y a aucun rapport direct entre le changement brusque de χ, lors de la fusion, et son domaine de variabilité au voisinage de la température de fusion.

Lorsqu'on tente d'appliquer la loi d'additivité à une série de corps, où le phénomène en question se produit, il faut se rapporter à la valeur asynthotique correspondante. Ainsi, pour la série des alcools que nous avons étudiés, on obtient

$$\chi_m = -(11,48\,n + 10,55)\,.\,10^{-6},$$

n désignant le nombre des atomes de carbone, le coefficient $-11,48.10^{-6}$ étant la valeur de χ_{CH^2} et $-10,55.10^{-6}$ celle qui correspond à la somme $\chi_H + \chi_{OH}$.

Du point de vue de la règle d'additivité, il serait tout naturel d'identifier le terme $-10,55.10^{-6}$ à la susceptibilité moléculaire limite de l'eau, mais cette dernière ayant pour valeur $-13,09.10^{-6}$, la différence est bien au-dessus des erreurs admissibles. Ceci ne doit pas cependant beaucoup surprendre, car ce que nous désignons par χ_H est la partie du diamagnétisme qui correspond au système : proton + électron, tel qu'il est constitué dans la liaison H — C; d'une manière analogue χ_{OH} représente la fraction du diamagnétisme se rapportant à la liaison OH — C. Or, de toute évidence, ni l'un ni l'autre de ces systèmes ne peuvent être identifiés aux parties correspondantes de la molécule d'eau, en sorte que la différence entre les valeurs des deux constantes ($-10,55.10^{-6}$ et $-13,09.10^{-6}$) ci-dessus indiquées n'est donc que toute naturelle.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le passage réversible des dimétaphosphates aux sels condensés de Graham.* Note [1] de MM. **Paul Pascal** et **Bonnmeman**.

La déshydratation des phosphates monométalliques a montré à l'un de nous que l'évolution de ces sels, dans la gamme des polymétaphosphates, dépend essentiellement de la nature du cation, au moins en ce qui concerne les dérivés alcalins. La préparation des polymétaphosphates à partir de sels d'argent nous a conduit à une filiation d'un genre différent.

---

[1] Séance du 24 juillet 1933.

Parmi les décompositions qui conduisent à un métaphosphate, on peut citer la pyrogénation de l'hypophosphate

$$P^2O^6Ag^4 \rightarrow \frac{2}{n}(PO^3)^nAg^n + 2Ag$$

ou la déshydratation du pyrophosphate acide

$$P^2O^7Ag^2H^2 \rightarrow \frac{2}{n}(PO^3)^nAg^n + H^2O.$$

Le sel d'argent, traité par une solution glacée de chlorure métallique, fournit le métaphosphate correspondant, dont le degré de condensation peut être présumé identique à celui du sel originel.

1. La formation du métaphosphate d'argent à partir de l'hypophosphate est une réaction autocatalytique, à départ lent; on l'accélère à l'origine en broyant le sel avec de l'argent réduit, en l'exposant aux vapeurs de formol, en y incorporant du métaphosphate d'argent par précipitation simultanée, ou bien en l'attaquant superficiellement par l'acide sulfhydrique.

Le métaphosphate alcalin qu'on obtient finalement, comme il a été dit plus haut, est précipité de sa solution par l'alcool froid, qui sépare ainsi l'espèce dominante. Celle-ci est tantôt cristalline, tantôt sous forme d'huile ne retenant guère que 30 pour 100 d'eau. Nous en avons mesuré par cryoscopie le poids moléculaire apparent M, et la conductibilité équivalente λ_v correspondant à la dilution v (en litres), à 25°. Le degré de condensation du métaphosphate et son état physique dépendent essentiellement de la température de formation θ, qui conditionne d'ailleurs la durée de chauffe t nécessaire à une transformation presque complète; on trouve ainsi :

θ.	t.	M.	λ_{32}.	λ_{128}.	λ_{512}.	$\lambda_{1024}-\lambda_{32}$.	État physique.
130°	45 jours	300 env.	»	»	»	»	gomme
145	15 jours	72	71	84	89	19	cristaux
155	5 jours	148	52,7	67	78	31	huile fluide
180	qq. heures	461	20,7	24,3	27	7,8	huile épaisse
325	3 heures	421	22,6	23,4	25,1	3,2	huile épaisse

La chauffe à 130° n'a donné lieu qu'à une transformation incomplète, et il a fallu tenir compte de l'hypophosphate mêlé au métaphosphate pour avoir une valeur approchée de M.

Seul, le sel obtenu à 145° constitue une espèce chimique pure; il est identique au dimétaphosphate $(PO^3)^2Na^2, 6H^2O$, déjà décrit par l'un de nous. Celui qui résulte de la chauffe à 155° en diffère par une proportion notable

des polymétaphosphates complexes moins conducteurs, qu'on connaît depuis longtemps sous le nom de sels de Graham et qui constituent pratiquement la totalité des échantillons obtenus aux températures plus élevées.

C'est la première fois qu'on isole un dimétaphosphate certain, produit directement par voie thermique à partir d'un autre sel.

Ce composé paraît instable à toute température; au bout d'un temps considérable aux basses températures (130°), plus rapidement à température élevée (≧155°), il devient incristallisable, par suite de sa condensation progressive. En même temps que le poids moléculaire apparent s'élève, la conductibilité baisse très rapidement et l'on atteint finalement le domaine des sels colloïdaux.

2. La décomposition thermique du pyrophosphate acide d'argent fournit des sels encore plus condensés. Conduite à 320°, elle permet d'obtenir par double décomposition un polymétaphosphate que l'alcool précipite encore à l'état d'huile hydratée incristallisable.

Les solutions aqueuses présentent une viscosité exceptionnelle qui, pour une concentration de 1 pour 100, est 25 fois environ plus grande que celle de l'eau; le poids moléculaire apparent en milieu dilué atteint 488°; la conductibilité est devenue très faible ($\lambda_{32} = 21$; $\lambda_{128} = 25\ldots$). On est en présence d'une substance s'apparentant avec les colloïdes.

3. Tous ces polymétaphosphates, comme les sels de Graham préparés à partir de phosphates alcalins monométalliques, sont légèrement acides en solution, et ce caractère s'accentue avec le temps, en même temps qu'apparaît le pyrophosphate résultant de l'hydratation.

Nous avons constaté que cette transformation avait lieu par l'intermédiaire du dimétaphosphate qui, comme l'un de nous l'a montré, passe si facilement à l'état de pyrophosphate acide. On met facilement le fait en évidence en suivant l'évolution des huiles hydratées précipitées par l'alcool dans les solutions de polymétaphosphates.

Dans le cas du sel de sodium, dérivé à 320° du pyrophosphate acide d'argent, on constate au bout de trois semaines la disparition totale de la viscosité des solutions; en même temps, le poids moléculaire apparent tombe de 488 à 72, la conductibilité et les réactions deviennent celles des dimétaphosphates.

Il y a donc évolution possible de ces derniers vers les sels de Graham sous l'action de la chaleur, et la dépolymérisation inverse s'observe au contact d'une petite quantité d'eau, dont un excès conduirait ultérieure-

ment au pyrophosphate acide. Ainsi s'explique le caractère légèrement acide des solutions de sels de Graham, propriété difficilement admissible pour un sel neutre de métal alcalin.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Jean Lugeon. *Notice préliminaire sur l'Expédition nationale polonaise de l'année polaire* 1932-1933 *à l'île des Ours.*

2° Georges Petit et R. Mourlan. *Madagascar* (Album de photographies). *Introduction* de M. le Gouverneur général Cayla.

THÉORIE DES VECTEURS. — *Sur les formes canoniques d'un trivecteur dans l'espace à six dimensions.* Note (1) de M. **G. B. Gourewitch**, présentée par M. Élie Cartan.

Au moyen des méthodes que j'ai adoptées dans mes Notes (2), on réussit aussi à réduire aux formes canoniques les trivecteurs de l'espace à six dimensions.

Dans l'espace à six dimensions un trivecteur arbitraire peut être représenté dans une des formes canoniques suivantes (notations dues à M. Cartan) :

$$\text{(I)} \qquad w = [pqr]$$

(w est un trivecteur simple, c'est-à-dire son rang est égal à 3);

$$\text{(II)} \qquad w = [abp] + [cdp]$$

(le rang de w est égal à 5);

$$\text{(III)} \qquad w = [aqr] + [brp] + [cpq]$$

et

$$\text{(IV)} \qquad w = [abc] + [pqr].$$

---

(1) Séance du 17 juillet 1933.

(2) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 138 et **197**, 1933, p. 220.

[Dans les cas (III) et (IV) le rang de $\mathfrak{w}$ est égal à 6]. Les vecteurs p, q, r dans le cas (I), ainsi que les vecteurs a, b, c, d, p dans le cas (II) et a, b, c, p, q, r dans les cas (III) et (IV), sont linéairement indépendants.

Un trivecteur $\mathfrak{w}$ se ramène à la forme (I), si

$$\mathfrak{w}_{[ijk}\mathfrak{w}_{xy]z} = 0$$

(notations dues à M. Schouten); à la forme (II), si

$$\mathfrak{w}_{[ijk}\mathfrak{w}_{xy]z} \neq 0; \qquad \mathfrak{w}_{lm[n}\mathfrak{w}_{ijk}\mathfrak{w}_{xy]z} = 0;$$

à la forme (III), si

$$\mathfrak{w}_{lm[n}\mathfrak{w}_{ijk}\mathfrak{w}_{xy]z} \neq 0; \qquad \mathfrak{w}_{[abc}\mathfrak{w}_{lm[n}\mathfrak{w}_{ijk}\mathfrak{w}_{xy]z]} = 0,$$

enfin, il se ramène à la forme (IV), si

$$\mathfrak{w}_{[abc}\mathfrak{w}_{lm[n}\mathfrak{w}_{ijk}\mathfrak{w}_{xy]z]} \neq 0.$$

Je propose aussi des méthodes pour trouver les vecteurs inconnus p, q, r et respectivement les vecteurs a, b, c, d, p, ... Il est à remarquer que dans le cas (IV) il y a des trivecteurs $\mathfrak{w}$ réels pour lesquels p, a, q, b, r, c sont des vecteurs complexes conjugués deux à deux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Théorie de la mesure. Sur le prolongement d'une fonction additive d'ensemble.* Note de M. **René de Possel**, transmise par M. Hadamard.

Le théorème qui fait l'objet de cette Note généralise celui de l'existence de la mesure de Lebesgue.

Soit $\mathfrak{E}$ un ensemble d'éléments abstraits, dit *fondamental*. Nous considérerons uniquement des ensembles formés d'éléments de $\mathfrak{E}$.

I. Nous dirons qu'une famille $\mathcal{E}$ d'ensembles est une famille $\boxed{\mathcal{J}}$ si l'intersection de deux ensembles de $\mathcal{E}$ appartient encore à $\mathcal{E}$, et si, E, F appartenant à $\mathcal{E}$ et F étant contenu dans E, l'ensemble E — F est la somme [1] d'un nombre fini d'ensembles de $\mathcal{E}$.

$\mathcal{E}$ étant une famille quelconque d'ensembles, nous désignerons par $\mathcal{E}_\sigma$ [2]

---

[1] *Somme* signifie que les ensembles sont disjoints. Nous disons *réunion* quand ils ne le sont pas nécessairement. L'*intersection* de plusieurs ensembles est l'ensemble des éléments qui sont dans tous ces ensembles.

[2] Voir F. Hausdorff, *Mengenlehre*, 2e édition, Leipzig, 1927, p. 51 et suiv.

la famille des ensembles obtenus en formant la réunion (¹) d'une infinité dénombrable d'ensembles de $\mathcal{E}$, par $\mathcal{E}_{\sigma\delta}$ la famille obtenue en formant l'intersection (¹) d'une infinité dénombrable d'ensembles quelconques de $\mathcal{E}_\sigma$.

$\mathcal{K}$ étant déjà une famille $\boxed{\mathcal{J}}$, nous dirons que c'est un σ-corps si $\mathcal{K}_\sigma = \mathcal{K}$ (²).

Toutes les fonctions d'ensemble que nous considérerons seront définies pour les ensembles d'une famille $\mathcal{E}$, appelée le *champ* de la fonction, et leur valeur sera un nombre nul, positif ou égal à $+\infty$.

E étant un ensemble quelconque de $\mathcal{E}$, somme d'ensembles E_i de $\mathcal{E}$, rappelons que λ est dite *additive au sens restreint* si l'on a $\lambda E = \Sigma \lambda E_i$ lorsque les E_i sont en nombre fini, et complètement additive si cette égalité est encore vraie lorsque les E_i sont en infinité dénombrable.

II. Une fonction d'ensemble μ est appelée *mesure* (³) si son champ comprend tous les sous-ensembles de $\mathfrak{E}$, et si μ vérifie les conditions suivantes :

Si F *est contenu dans* E, *on a* $\mu F \leqq \mu E$.

Si E *est la réunion d'une infinité dénombrable d'ensembles* E_i, *on a* $\mu E \leqq \Sigma \mu E_i$.

Nous dirons qu'un ensemble E est *mesurable*-μ si :

M. 1. *Pour tout ensemble* A, *on a* $\mu(A) = \mu(A . E) + \mu(A . \mathcal{C}E)$ (⁴) ;

M. 2. E *est contenu dans la réunion d'une infinité dénombrable d'ensembles* E_i *pour lesquels* μE_i *est fini, et qui satisfont tous à* M. 1.

On a alors le théorème suivant (⁵) :

La fonction d'ensemble $\mu\rfloor$ *dont le champ est formé des ensembles mesurables*-μ, *et qui y est égale à* μ, *possède les quatre propriétés suivantes :*

B. 1. *Les ensembles mesurables*-μ *forment un* σ*-corps ;*

B. 2. $\mu\rfloor$ *est complètement additive ;*

(¹) *Loc. cit.*

(²) Par exemple, si E est la famille $\boxed{\mathcal{J}}$ des intervalles $a_i \leqq x_i < b_i$ de l'espace à *n* dimensions, le plus petit σ-corps contenant $\mathcal{E}$ est constitué par les ensembles de Borel (mesurables B).

(³) Voir C. Carathéodory, *Reelle Funktionen*, 2ᵉ édition, Teubner, 1927, p. 238.

(⁴) A.E désigne l'intersection de A et de E ; $\mathcal{C}E$ désigne le complémentaire de E, c'est-à-dire l'ensemble des points de $\mathfrak{E}$ qui ne sont pas contenus dans E.

(⁵) Démontré par C. Carathéodory, *loc. cit.* (³), p. 240 et suiv., en nommant mesurables tous les ensembles qui satisfont à M. 1. Notre théorème de prolongement ne serait plus entièrement exact avec cette convention.

B.3. *Si* $\mu\rfloor \mathrm{E} = 0$, *tout sous-ensemble* E′ *de* E *est mesurable*-μ *et l'on a* $\mu\rfloor \mathrm{E}' = 0$;

B.4. *Si* $\mu\rfloor \mathrm{E} = +\infty$, E *est contenu dans la réunion d'une infinité dénombrable d'ensembles* E_i *mesurables*-μ *pour lesquels les* $\mu\rfloor \mathrm{E}_i$ *sont finis.*

Enfin une mesure μ *est dite « régulière » si, pour tout ensemble* A *pour lequel* $\mu\mathrm{A}$ *est fini, et pour tout nombre positif* ε, *il existe un ensemble* E *mesurable*-μ, *contenant* A, *et tel que* $\mu\mathrm{E} < \mu\mathrm{A} + \varepsilon$.

III. Théorème de prolongement. — *Soit* λ *une fonction d'ensemble additive au sens restreint, dont le champ* $\mathcal{E}$ *est une famille* $\boxed{\mathfrak{J}}$, *et telle que :*

Si un ensemble E *de* $\mathcal{E}$ *est contenu dans la réunion d'une infinité dénombrable d'ensembles* E_i *de* $\mathcal{E}$, *on a* $\lambda\mathrm{E} \leq \Sigma\lambda\mathrm{E}_i$;

Si $\lambda\mathrm{E} = +\infty$, *il existe une infinité dénombrable d'ensembles* E_i *de* $\mathcal{E}$, *tels que les* $\lambda\mathrm{E}_i$ *soient finis, et que* E *soit contenu dans la réunion des* E_i.

Pour tout sous-ensemble A *de* $\mathfrak{E}$, *définissons un nombre* $\mu\mathrm{A}$ *comme il suit : s'il n'existe pas de système fini ou dénombrable d'ensembles* E_i *de* $\mathcal{E}$ *dont la réunion contienne* A, *posons* $\mu\mathrm{A} = +\infty$, *sinon posons* $\mu\mathrm{A} =$ *borne inférieure des nombres* $\Sigma\lambda\mathrm{E}_i$.

La fonction μ *ainsi définie jouit des propriétés suivantes :*

1° μ *est une mesure régulière ;*

2° $\mu\rfloor$ *prolonge* λ. *Autrement dit tout ensemble* E *de* $\mathcal{E}$ *est mesurable*-μ *et vérifie* $\mu\mathrm{E} = \lambda\mathrm{E}$;

3° *Pour tout ensemble* E *mesurable*-μ, *il existe un ensemble* $\overline{\mathrm{E}}$ *de la famille* $\mathcal{E}_{\sigma\delta}$ *contenant* E *et tel que* $\mu(\overline{\mathrm{E}} - \mathrm{E}) = 0$;

4° *Toute fonction d'ensemble qui vérifie* B.1, B.2, B.3, B.4 *et qui prolonge* λ *prolonge aussi* $\mu\rfloor$ [1].

IV. En particulier, si λ vérifie B.1, B.2, B.3, B.4, les fonctions λ et $\mu\rfloor$ sont identiques (comme valeurs et champs).

Dans le cas où l'on prend pour λ la fonction $\nu\rfloor$ correspondant à une mesure non régulière ν, la fonction $\mu\rfloor$ obtenue est identique à $\nu\rfloor$.

V. Le théorème de prolongement permet de définir le *produit de deux mesures* pour des ensembles fondamentaux différents. Cette notion généralise celle d'intégrale de Stieltjes-Lebesgue. Les démonstrations paraîtront dans un autre Recueil.

---

[1] Si λ a pour champ l'ensemble d'intervalles de la note [2] ci-contre, et pour valeurs $\Pi(b_i - a_i)$, la mesure μ obtenue est celle de Lebesgue.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les points de convergence des séries trigonométriques générales.* Note [1] de M. **Tullio Viola**, transmise par M. Émile Borel.

Soit $\{a_n\}$ ($n = 1, 2, 3, \ldots$) une suite de nombres réels quelconques. Considérons la suite des valeurs absolues

$$(a) \qquad |a_1|, \quad |a_2|, \quad |a_3|, \quad \ldots, \quad |a_n|, \quad \ldots$$

et un nombre $\xi > 0$ quelconque. Pour chaque entier $r > 0$, désignons par $N(r, \xi)$ le nombre d'indices $n \leq r$ tels que $|a_n| \geq \xi$. Les valeurs

$$\overline{M}_a(\xi) = \overline{\lim_{r\to\infty}} \frac{N(r, \xi)}{r}, \qquad \underline{M}_a(\xi) = \underline{\lim_{r\to\infty}} \frac{N(r, \xi)}{r}$$

seront nommées respectivement *la fréquence supérieure* [*non gauche*] *de la suite* (a) *en* ξ et *la fréquence inférieure* [*non gauche*] *de la suite* (a) *en* ξ. Quand ξ varie, $\overline{M}_a(\xi)$, $\underline{M}_a(\xi)$ sont des fonctions de ξ. Elles sont monotones non croissantes, elles sont même constantes à l'intérieur de chaque intervalle contigu à l'ensemble dérivé de la suite (a). On a

$$0 \leq \underline{M}_a(\xi) \leq \overline{M}_a(\xi) \leq 1$$

quel que soit ξ. Nous adoptons les notations

$$\underline{M}_a(+0) = \lim_{\xi\to+0} \underline{M}_a(\xi), \qquad \overline{M}_a(+0) = \lim_{\xi\to+0} \overline{M}_a(\xi).$$

Exemple. — Si x est un nombre irrationnel quelconque de l'intervalle $\overline{01}$, les fréquences de la suite $\{|\cos 2\pi nx|\}$ sont indépendantes de x. Elles coïncident toutes deux avec la fonction

$$M(\xi) = \begin{cases} \frac{2}{\pi} \operatorname{arc} \cos \xi & \text{pour} \quad 0 \leq \xi \leq 1, \\ 0 & \text{pour} \quad \xi \leq 1. \end{cases}$$

Donc $\overline{M}(+0) = \underline{M}(+0) = 1$.

Nous trouvons le même résultat pour la suite $\{|\sin 2\pi nx|\}$. Si x est rationnel $= p/q$ fraction irréductible avec q multiple de 4, pour la suite $\{|\cos 2\pi nx|\}$, on a

$$\overline{M}(\xi) = \underline{M}(\xi) = \frac{q-2}{q} \qquad \text{pour} \quad 0 > \xi \leq \sin \frac{2\pi}{q},$$

---

[1] Séance du 24 juillet 1933.

donc on a aussi $\overline{M}(+0) = \underline{M}(+0) = (q-2)/q$. Si q n'est pas multiple de 4, on a

$$\overline{M}(\xi) = \underline{M}(\xi) = 1 \qquad \text{pour} \quad 0 < \xi \leqq \sin\frac{\pi}{2q},$$

donc on a aussi $\overline{M}(+0) = \underline{M}(+0) = 1$.

Pour la suite $\{|\sin 2\pi n x|\}$, si $x \equiv p/q$ avec q pair, on a

$$\overline{M}(\xi) = \underline{M}(\xi) = \frac{q-2}{q} \qquad \text{pour} \quad 0 < \xi \leqq \sin\frac{2\pi}{q},$$

donc on a aussi $\overline{M}(+0) = \underline{M}(+0) = (q-2)/q$. Si q est impair, on a

$$\overline{M}(\xi) = \underline{M}(\xi) = \frac{q-1}{q} \qquad \text{pour} \quad 0 < \xi \leqq \sin\frac{\pi}{q},$$

donc on a aussi $\overline{M}(+0) = \underline{M}(+0) = (q-1)/q$.

Indépendamment des définitions et des notations posées, on peut énoncer le théorème suivant :

Si, pour la suite $\{a_n\}$ des coefficients d'une série de cosinus $\Sigma a_n \cos 2\pi n x$ [d'une série de sinus $\Sigma b_n \sin 2\pi n x$], il existe deux nombres positifs ξ, ε et une infinité d'entiers $r > 0$ tels que les indices $n \leqq r$ pour lesquels $|a_n| \geqq \xi$ [$|b_n| \geqq \xi$] sont en nombre $\geqq \varepsilon r$, alors la série converge (en $\overline{01}$) tout au plus en un nombre FINI *de points, c'est-à-dire tout au plus en les points x rationnels $= p/q$ avec q multiple de 4 et $1/q \geqq \varepsilon/2$ [avec q pair et $1/q \geqq \varepsilon/2$ ou q impair et $1/q \geqq \varepsilon$].*

(Ces points sont à une distance $\geqq \varepsilon^2/2$ l'un de l'autre.)

Si une série trigonométrique générale $\Sigma(a_n \cos 2\pi n x + b_n \sin 2\pi n x)$ converge en un point $x = \overline{x}$, alors les fréquences $\overline{M}_a(+0)$, $\underline{M}_a(+0)$ de la suite $\{|a_n|\}$ et celles $\overline{M}_b(+0)$, $\underline{M}_b(+0)$ de la suite $\{|b_n|\}$ sont liées par les relations suivantes :

1° Pour $\overline{x}$ irrationnel,

$$\overline{M}_a(+0) = \overline{M}_b(+0), \qquad \underline{M}_a(+0) = \underline{M}_b(+0);$$

2° Pour $\overline{x}$ rationnel $= p/q$ avec q impair,

$$\overline{M}_b(+0) - \frac{1}{q} \leqq \overline{M}_a(+0) \leqq \overline{M}_b(+0), \qquad \underline{M}_b(+0) - \frac{1}{q} \leqq \underline{M}_a(+0) \leqq \underline{M}_b(+0);$$

3° Pour $\overline{x}$ rationnel $= p/q$ avec q pair, mais pas multiple de 4,

$$\overline{M}_b(+0) - \frac{2}{q} \leqq \overline{M}_a(+0) \leqq \overline{M}_b(+0), \qquad \underline{M}_b(+0) - \frac{2}{q} \leqq \underline{M}_a(+0) \leqq \underline{M}_b(+0);$$

4° Pour $\bar{x}$ rationnel $= p/q$ avec q multiple de 4,

$$\overline{M}_b(+0) - \frac{2}{q} \leqq \overline{M}_a(+0) \leqq \overline{M}_b(+0) + \frac{2}{q},$$

$$\underline{M}_b(+0) - \frac{2}{q} \leqq \underline{M}_a(+0) \leqq \underline{M}_b(+0) + \frac{2}{q}.$$

Nous démontrerons le théorème suivant :

Si, pour une série trigonométrique générale

$$\Sigma(a_n \cos 2\pi n x + b_n \sin 2\pi n x),$$

il existe deux nombres positifs ξ, ε *et une infinité d'entiers* $r > 0$ *tels que les indices* $n \leqq r$ *pour lesquels* $\sqrt{a_n^2 + b_n^2} \geqq \xi$ *sont en nombre* $\geqq \varepsilon r$, *alors la série converge (en* $\overline{01}$*) tout au plus dans un nombre* FINI *de points. Ces points sont ou bien tous irrationnels ou bien tous rationnels. Ils sont ainsi caractérisés : si l'un quelconque* $x = \bar{x}$ *de ces points est irrationnel, tous les autres* $x = \bar{x} + y$ *ont du premier une distance* y *rationnelle* $= s/t$ *avec* $1/t \geqq \varepsilon/4$ *si* t *est pair, ou* $1/t \geqq \varepsilon/2$ *si* t *est impair. Si, au contraire, aucun de ces points n'est irrationnel, alors deux quelconques* $x = \bar{x} = p/q$, $x = \bar{x} + = p/q + s/t$ *de ces points sont tels que* $1/q + 1/t \geqq \varepsilon/4$.

Les démonstrations seront publiées dans un autre Recueil.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la dissémination totale.*

Note de M. **D. Riabouchinsky**, transmise par M. Henri Villat.

Dans des publications récentes, M. G. Bouligand [1] a attiré l'attention sur une intéressante classe de mouvements fluides, qu'il désigne sous le nom de *dissémination totale*. Je me propose, dans cette Note, de discuter ce problème en l'interprétant non pas comme une désagrégation ou un émiettement du liquide, mais comme une expansion continue de ce dernier. Ce point de vue est compatible avec la définition d'un fluide incompressible et permet d'appliquer à ce problème les équations du mouvement d'un gaz, en spécifiant que l'équation caractéristique a dans ce cas une forme spéciale. Nous nommerons un domaine fluide, limité par une surface Σ, *domaine à dissémination totale* ou *domaine* B, s'il satisfait aux conditions : 1° le lapla-

(1) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 25 et 403.

cien de la pression Δp est positif ou nul en tout point du domaine; 2° la pression p est nulle sur Σ; nous nommerons *domaine normal* ou *domaine* A toute zone où ces deux conditions ne sont vérifiées simultanément pour aucune portion de cette zone. En raison de ces définitions, on peut écrire :

$$\overrightarrow{\text{grad}}\, p = \rho \overrightarrow{F_e} - \rho \vec{j} + (\lambda + 2\mu)\, \text{grad div}\, \vec{V} - \mu\, \text{curl curl}\, \vec{V};$$

$$p = 0, \quad \text{div}\, \vec{V} = -\frac{1}{\rho}\frac{d\rho}{dt} \text{ (dans B)}; \qquad p > 0, \quad \text{div}\, \vec{V} = 0 \text{ (dans A)}.$$

Ces équations font voir qu'il faut tenir compte de la viscosité aussi bien dans le domaine B que A; en effet, il n'y aura de dissipation d'énergie dans un domaine à dissémination totale que si le fluide est parfait ou animé d'un mouvement d'ensemble comme un corps solide, ou bien, en admettant que $3\lambda + 2\mu = 0$ et le mouvement à trois dimensions, si

$$\overrightarrow{F_e} = \vec{j}, \qquad \vec{V} = f(t)\, \vec{r}.$$

Les surfaces Σ délimitant les zones A et B ne sont pas, en général, des surfaces fluides, mais des discontinuités pouvant se propager comme les ondes. Si ces discontinuités se propagent dans un domaine B, il faut tenir compte de la pression exercée sur Σ en appliquant le théorème des projections de quantités de mouvement.

Dans le cas d'un liquide se mouvant irrotationnellement, les forces d'inertie suffisent à empêcher l'apparition de zones B, même si la pression s'annule sur les surfaces limitant le liquide (¹); il n'en est plus nécessairement ainsi si le mouvement est rotationnel. Considérons deux exemples : 1° celui de la modification initiale du mouvement plan d'un liquide parfait non pesant animé d'une rotation d'ensemble entre deux parois circulaires concentriques de rayons r_1 et r_0, à l'instant où ces parois sont supprimées et les surfaces libres soumises aux pressions p_1 et p_0; 2° celui de la modification initiale du mouvement d'un liquide parfait pesant, animé d'un mouvement de rotation d'ensemble autour de l'axe d'un cylindre circulaire vertical de rayon $r_1 = 1$, muni d'un fond, le liquide étant complètement recouvert par un disque placé à une distance h du fond, à l'instant où ce disque est enlevé et la surface libre soumise à une pression uniforme p_0.

Le mouvement dérivant du potentiel de vitesse $\varphi_1 = \partial\varphi/\partial t\,\tau$, qu'il faut

(¹) RIABOUCHINSKY, *Comptes rendus*, **183**, 1927, p. 583.

superposer au mouvement rotationnel initial, doit être calculé d'après les conditions aux limites, en appliquant l'équation des pressions. Dans ces deux exemples l'angle polaire θ ne figurera pas dans φ_1 ; on s'en rend compte en appliquant le théorème des aires, la variation de la vitesse angulaire ω est du second ordre de petitesse par rapport à l'élément de temps τ.

La solution du premier problème est donnée par l'équation

$$\frac{2p}{\rho\omega^2}\log\frac{r_1}{r_0} = \left[r^2\log\frac{r_1}{r_0} - r_1^2\log\frac{r}{r_0} - r_0^2\log\frac{r_1}{r}\right] + \frac{2}{\rho\omega^2}\left[p_0\log\frac{r_1}{r} + p_1\log\frac{r}{r_0}\right],$$

r variant de r_0 à r_1, le premier crochet reste négatif, le second positif, et en donnant à p_0, p_1 des valeurs suffisamment petites, on obtiendra une zone B à l'intérieur de l'anneau fluide.

Comme solution du second problème, on a

$$p - \frac{1}{2}\rho\omega^2 r^2 + \rho g z + \rho\frac{\partial\varphi}{\partial t} = p_0 + \rho g h,$$

$$\frac{2}{\omega^2}\frac{\partial\varphi}{\partial t} = \frac{1}{2} + \sum_{k=1}^{\infty}\frac{4}{\mu_k^2}\frac{J_0(\mu_k r)}{J_0(\mu_k)}\frac{\operatorname{ch}\mu_k z}{\operatorname{ch}\mu_k h},$$

$$\frac{2\psi_1}{\omega^2\tau} = \sum_{k=1}^{\infty}\frac{4r}{\mu_k^2}\frac{J_1(\mu_k r)}{J_0(\mu_k)}\frac{\operatorname{sh}\mu_k z}{\operatorname{ch}\mu_k h},$$

où J_0, J_1 sont des fonctions de Bessel et μ_k les racines de l'équation $J_1(\mu) = 0$. Les lignes ($\psi_1 = 0$, $\theta = \theta_0$) se confondent avec l'axe du cylindre, les rayons du fond et les génératrices du cylindre; le potentiel φ_1 augmente le long de ces lignes de la valeur zéro au point ($z = h$, $r = 0$) à la valeur $\frac{1}{2}\omega^2\tau$ au point ($z = h$, $r = 1$, $\theta = \theta_0$). Il en résulte que, lorsqu'on fait abstraction de la pesanteur, la pression p diminue ou augmente avec le décroissement de z, selon que l'on considère l'axe ou les génératrices du cylindre; en diminuant la pression p_0, on déterminera l'apparition d'une zone B en premier lieu sur l'axe dans le voisinage du fond. En l'absence de la pesanteur, le liquide s'étalera en couche toujours plus mince le long de la paroi cylindrique.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Au sujet de l'influence de la température sur la détonation dans les moteurs à combustion interne.* Note de M. P. **Dumanois**, transmise par M. E. Jouguet.

Nous avons exposé précédemment (¹) une théorie relative à la détonation, attribuant celle-ci aux phénomènes d'oxydation se produisant pendant la course de compression, et donnant lieu à la formation de peroxydes, au sens attribué à ce mot, par MM. Moureu, Dufraisse et Chaux, ces peroxydes étant des composés instables à décomposition exothermique.

Cette hypothèse de formation de peroxydes a été confirmée par les expériences entreprises en collaboration avec M. Mondain-Monval (²); la production directe de tels corps a pu être réalisée par MM. Mondain-Monval et Quanquin (³). Enfin, en collaboration avec MM. Laffite et Prettre (⁴), nous avons montré que si l'on considérait un mélange d'air et d'hydrocarbures saturés, un tel mélange présentait à la pression atmosphérique deux températures d'inflammation : l'une entre 250° et 300°, l'autre au delà de 550°. La première s'explique très simplement par la formation de peroxydes, qui, d'après les expériences ci-dessus indiquées, commencent à se former à partir de 120 à 130°, et seraient entièrement décomposés avant 300°. Cette température d'inflammation est donc relative au mélange complexe : air, hydrocarbures, peroxydes, produits de décomposition de ces peroxydes.

On conçoit donc que, si l'on élève assez la température du mélange carburé introduit dans le cylindre d'un moteur à explosion, on puisse franchir suffisamment rapidement la zone d'existence des peroxydes, et que dans ces conditions, la détonation doive disparaître.

Ce résultat vient d'être vérifié par mes collaborateurs MM. Bonnier et Moynot. Les expériences ont été faites sur le moteur à compression variable C.F.R. tournant à 600 t/mn, le refroidissement étant réalisé par une solution d'éthylglycol dans l'eau, maintenue à une température constante de 150°. Un couple thermo-électrique placé dans la chambre à explosion fournissait une valeur de la température moyenne en un point

---

(¹) *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 292.
(²) *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 892; **189**, 1929, p. 761.
(³) *Comptes rendus*, **192**. 1931, p. 1158.
(⁴) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 329; **191**, 1930, p. 414.

de cette chambre, et donnait ainsi un repère permettant de suivre le phénomène.

On met le moteur en marche et l'on attend que le régime de température soit bien stabilisé. A ce moment, on établit, en augmentant la compression, un régime de détonation très net, le couple indique une certaine température. Si l'on élève le taux de compression, la détonation augmente d'intensité et la température du couple s'élevant, la détonation commence par croître, puis, pour une certaine valeur de la température, la détonation disparaît complètement; le moteur tourne alors très silencieusement et très doucement; le fonctionnement continue ainsi, une fois l'allumage coupé. La température du couple continue à monter rapidement et, pour une certaine valeur de cette température, des retours au carburateur se produisent interrompant l'expérience. En coupant l'arrivée du combustible pour laisser refroidir un peu le moteur, on peut recommencer l'expérience; chaque fois, si le taux de compression est suffisant (aux environs de six dans le cas du moteur C. F. R.), la détonation cesse au moment où le couple marque une température bien définie, toujours la même, qui est de 340°C pour l'essence pure. En diminuant au-dessous de 150° la température du fluide réfrigérant, il ne nous a pas été possible d'obtenir la disparition de la détonation.

Ces résultats concordent pleinement avec ceux indiqués précédemment en particulier ceux relatifs à l'existence de deux températures d'auto-allumage. Ils montrent en même temps que lorsqu'on dépasse la limite de formation et d'existence des peroxydes, le moteur fonctionne par allumage par point chaud, sans qu'il se produise aucun phénomène de choc, car l'écart avec la seconde température d'auto-allumage demeure encore considérable.

Par ailleurs, l'augmentation de température du point chaud consécutif à l'avance exagérée entraîne une augmentation croissante de température, qui finit par être telle, que l'allumage se produit en fin de course d'aspiration en entraînant des retours au carburateur.

RELATIVITÉ. — *Sur une forme nouvelle des formules de Lorentz.* Note de M. J. Le Roux.

On sait que la théorie de la relativité restreinte est basée sur une interprétation des formules de Lorentz. Cette interprétation elle-même contient

des hypothèses dont Poincaré avait à diverses reprises signalé la singularité [1]. Il est facile, par l'adjonction d'une autre variable, de leur donner une forme nouvelle, dont l'interprétation est affranchie de ces hypothèses.

Dans ce qui suit, je me borne à considérer les variables réellement transformées x et t. Supposant que l'on ait pris pour unité la vitesse de la lumière au sens de Lorentz, et désignant par α la vitesse de translation, nous écrivons les formules de Lorentz sous la forme

$$x' = \beta(x - \alpha t),$$
$$t' = \beta(t - \alpha x),$$
$$\beta = \frac{1}{\sqrt{1-\alpha^2}}.$$

Nous modifions d'abord ces notations en posant $\alpha = \sin\varphi$ et nous avons la forme équivalente

$$(1) \qquad \begin{cases} x' = \dfrac{x}{\cos\varphi} - t\,\mathrm{tang}\,\varphi, \\ t' = \dfrac{t}{\cos\varphi} - x\,\mathrm{tang}\,\varphi. \end{cases}$$

La transformation inverse se forme par le changement de signe φ,

$$(2) \qquad \begin{cases} x = \dfrac{x'}{\cos\varphi} + t'\,\mathrm{tang}\,\varphi, \\ t = \dfrac{t'}{\cos\varphi} + x'\,\mathrm{tang}\,\varphi. \end{cases}$$

L'association des équations (1) et (2) donne

$$t - t' = -\frac{t - t'}{\cos\varphi} + (x + x')\,\mathrm{tang}\,\varphi,$$

d'où, après réduction,

$$t - t' = (x + x')\,\mathrm{tang}\,\frac{\varphi}{2}.$$

Ce résultat peut s'écrire sous la forme suivante, symétrique par rapport aux deux systèmes de référence,

$$(3) \qquad t - x\,\mathrm{tang}\,\frac{\varphi}{2} = t' + x'\,\mathrm{tang}\,\frac{\varphi}{2}.$$

---

(1) Voir notamment *La Valeur de la Science*, p. 202-203.

Désignons par u la valeur commune des deux membres; nous avons

$$(4)\quad \begin{cases} t = u + x \operatorname{tang}\dfrac{\varphi}{2}, \\ t' = u - x' \operatorname{tang}\dfrac{\varphi}{2}. \end{cases}$$

La nouvelle variable u ainsi introduite a l'avantage de s'appliquer également aux deux systèmes de référence, par opposition aux temps lorentziens t et t' dont chacun s'applique à un seul système. Nous donnerons à u le nom de *temps commun*.

Dans la première des équations (1), remplaçons t par sa valeur tirée de la première équation (4); on trouve

$$(5)\quad x' = x - u \operatorname{tang}\varphi.$$

C'est l'équation d'une translation rectiligne et uniforme sous la forme ordinaire, la variable u jouant le rôle du temps et la vitesse de translation étant égale à $\operatorname{tang}\varphi$.

L'élimination de u entre les formules (4) et (5) donne de nouveau les formules de Lorentz.

Nous arrivons donc à la proportion suivante :

Étant donnés deux systèmes de référence qui se correspondent suivant les formules de Lorentz, il est toujours possible de leur adjoindre un temps commun u qui ramène la correspondance à une translation rectiligne et uniforme définie par l'équation (5), combiné avec un décalage des temps spéciaux, t et t', défini par les équations (4).

Réciproquement, en partant d'une translation rectiligne et uniforme quelconque, définie par l'équation (5), et en y adjoignant les temps lorentziens t et t' définis par les équations (4), on en déduit les formules de Lorentz par l'élimination du paramètre u.

L'apparente contraction de Lorentz et Fitz-Gerald s'explique très simplement par le décalage du temps lorentzien.

Désignons par S et S′ les deux systèmes de référence. La position de S′ par rapport à S est définie par le paramètre u, d'après la formule (5).

Prenons deux points M_1 et M_2 et comparons leurs coordonnées par rapport aux deux systèmes de référence. Si la comparaison correspond à une même position de S′ par rapport à S, c'est-à-dire à une même valeur de u, on a

$$x'_2 - x'_1 = x_2 - x_1.$$

Il n'y a pas de contraction.

Mais si, au contraire, la comparaison de x_1 à x'_1 d'une part, celle de x_2 à x'_2 d'autre part, correspondent à des positions différentes S'_1 et S'_2, définies elles-mêmes par des valeurs différentes u_1 et u_2 du paramètre u, nous avons

$$x'_2 - x'_1 = x_2 - x_1 - (u_2 - u_1)\,\mathrm{tang}\,\varphi. \tag{6}$$

La théorie courante de la relativité compare les positions pour une même valeur de t, ce qui donne, pour u, deux valeurs différentes

$$u_1 = t - x_1\,\mathrm{tang}\,\frac{\varphi}{2}, \qquad u_2 = t - x_2\,\mathrm{tang}\,\frac{\varphi}{2}.$$

L'équation (6) donne alors

$$x'_2 - x'_1 = (x_2 - x_1)\left(1 + \mathrm{tang}\,\varphi\,\mathrm{tang}\,\frac{\varphi}{2}\right) = \frac{x_2 - x_1}{\cos\varphi} = \beta(x_2 - x_1).$$

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Potentiel d'ionisation et formation de la molécule d'hydrogène*. Note de M. J. **Savard**, transmise par M. A. Cotton.

Les constantes des termes électroniques de la molécule d'hydrogène, ainsi que celles de son ion H^{2+}, ont été calculées avec la plus grande précision par E. A. Hylleraas [1], au moyen des méthodes de la mécanique ondulatoire.

Il est intéressant de comparer les résultats de cette étude avec les valeurs expérimentales des potentiels d'ionisation de la molécule et de l'atome. Si nous choisissons comme unités :

a. d'action : $h/2\pi$ ($h = 6{,}54 \times 10^{-27}$ erg/sec.),
b. de masse : m (m = masse de l'électron),
c. d'énergie totale : Rh ($R = 109700\ \mathrm{cm}^{-1}$),
d. de charge électrique : e (e = charge de l'électron),
e. de longueur : $a_H/2$ (a_H = rayon de l'orbite circulaire de l'atome de H pour $n = 1$, ou $0{,}532 \times 10^{-8}\ \mathrm{cm}^{-1}$),

l'équation de Schrödinger s'écrit

$$\Delta\Psi + \left(\frac{E}{4} - U\right)\Psi = 0.$$

[1] *Zeit. f. Ph.*, 71, 1931, p. 739.

Résolvant cette équation, Hylleraas a calculé que l'énergie totale (énergie électronique + énergie potentielle $2/r$) de l'ion H^{2+} est minimum quand les deux noyaux positifs sont distants de $2r = 2a_H$. La valeur de cette énergie est $-1,2053$ unités Rh.

La courbe $E_{H^{2+}} = f(r)$ permet de déterminer, pour $r = a_H$, que

$$\frac{d^2}{dr^2}(E_{H^{2+}}) = 0,1952.$$

D'où, en appliquant la relation

$$\omega_0^{\nu} = 2\sqrt{\frac{m}{M}}\sqrt{\frac{d^2 E}{dr^2}},$$

on établit l'équation de l'énergie de vibration des noyaux

$$E^{\nu} = 0,0206\left(n + \frac{1}{2}\right) - 0,00051\left(n + \frac{1}{2}\right)^2.$$

L'énergie totale de l'ion H^{2+} à l'état normal (c'est-à-dire pour $n = 0$) sera

$$E^0_{H^{2+}} = -1,1951 \text{ unités } Rh \quad \text{ou} \quad 16,1 \text{ volts.}$$

D'une manière semblable et, en tenant compte de la perturbation apportée par l'introduction du deuxième électron, Hylleraas a calculé que l'énergie totale de la molécule d'hydrogène à l'état normal est

$$E^0_{H^2} = -2,3225 \quad \text{ou} \quad 31,4 \text{ volts.}$$

Ceci posé, considérons les potentiels d'ionisation de l'atome et de la molécule. Le premier est nécessairement égal à Rh, c'est-à-dire à 13,54 volts. Le deuxième, c'est-à-dire le travail nécessaire pour arracher à la molécule le premier électron, a pour valeur, mesurée expérimentalement, 15,7 volts. Nous remarquons immédiatement que l'énergie *totale* de la molécule est égale au double de son potentiel d'ionisation, qui représente non seulement l'énergie des deux électrons, mais encore toutes les énergies d'origines diverses que la théorie plutôt que l'expérience se plaît à attribuer à la molécule.

D'autre part, la différence $E^0_{H^2} - E^0_{H^{2+}}$ est égale à 15,3 volts. Le potentiel 15,7 représente sensiblement la variation d'énergie *totale* quand on passe de la molécule normale à l'ion normal.

Enfin, la mécanique ondulatoire calcule, pour la différence $E^0_{H^2} - 2E^0_H$,

$$E^0_{H^2} - 2E^0_H = 2,325 - 2 \text{ unités } Rh \quad \text{ou} \quad 4,37 \text{ volts.}$$

Or,

$$2[15,7 - 13,54] = 4,32 \text{ volts.}$$

L'énergie de formation de la molécule normale à partir des atomes normaux est égale à la double différence des potentiels d'ionisation de la molécule et de l'atome, c'est-à-dire à la différence des travaux qu'il faut effectuer pour enlever l'électron de chaque atome et reporter ces deux électrons sur une même orbite dont l'énergie est égale au potentiel d'ionisation expérimental de la molécule.

Le symbole $[H^+H^+]^{-2}$ représente les propriétés énergétiques de la molécule. Par exemple, pour la réaction $H^2 = H + H^+$, nous calculons

$$D = 2I_m - I_a = 17{,}86 \text{ volts},$$

en bon accord avec les résultats de l'ionisation directe : 17,8 volts.

Nos conclusions peuvent être généralisées. Il est en effet facile de vérifier que l'énergie de formation d'une molécule (O^2, N^2, S^2, C^2, H^2O, H^2S, NH^3, CO^2, CO, SO^2, SO, CH^4, CH^3-CH^3, Cl^2, Br^2, I^2, C^2N^2, ...) est égale à

$$nI_m - \Sigma_{n_A} I_A.$$

Avec les conditions

$$n = \Sigma n_A,$$

n_A ayant comme valeur supérieure le nombre d'électrons de valence de l'atome A.

PIÉZO-ÉLECTRICITÉ. — *Dynamomètres à cristaux piézo-électriques en vibration de résonance.* Note (1) de M. **Alexis Guerbilsky**, présentée par M. Villat.

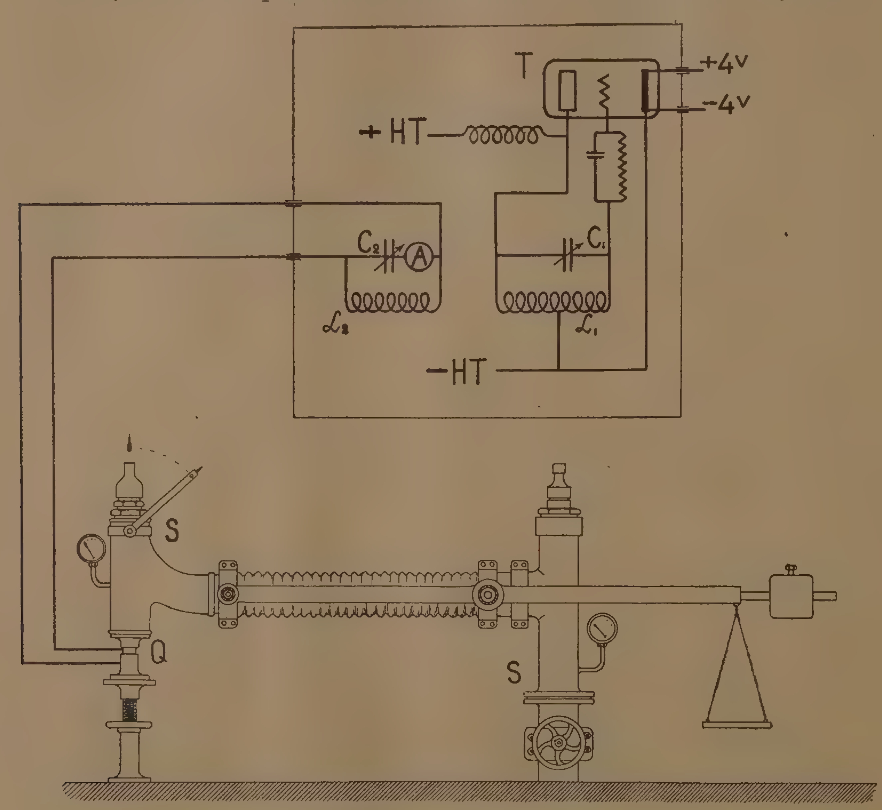
Les dynamomètres piézo-électriques habituels présentent l'inconvénient de nécessiter un isolement particulièrement soigné lorsqu'il s'agit de mesurer des pressions constantes ou lentement variables. Pour remédier à cet inconvénient, M. Riabouchinsky m'a proposé d'utiliser dans un dynamomètre piézo-électrique destiné à être employé dans une soufflerie un quartz à vibrations entretenues pour mesurer la force appliquée en fonction des modifications du courant.

J'ai appliqué un dispositif analogue à celui que j'avais utilisé pour la réalisation des microphones piézo-électriques (2). Un quartz piézo-élec-

(1) Séance du 10 juillet 1933.

(2) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1871.

trique (voir la figure) était disposé entre deux armatures reliées aux bornes d'une bobine L_2 accordée par un condensateur C_2 et dans laquelle était induit un courant de haute fréquence. Ce courant était produit par une hétérodyne comprenant la self L_1, le condensateur C_1, la lampe triode T, etc. La fréquence du courant oscillant de cette hétérodyne était



de 6000 kilocycles environ correspondant à la résonance du quartz suivant son épaisseur. Une des armatures du quartz Q était reliée à la masse et au blindage tubulaire d'un câble à un conducteur isolé qui était relié à la deuxième armature du cristal. Le câble était de 4^m environ de façon que le système électrique était éloigné du quartz qui était soumis aux pressions à mesurer avec la soufflerie supersonique S de M. Riabouchinsky.

Lorsque le cristal entrait en résonance, il absorbait une grande partie du courant de son circuit et l'on voyait l'aiguille de l'ampèremètre A tomber

presque à zéro. Lorsqu'on exerçait sur le cristal une pression, par suite de l'amortissement introduit, les amplitudes des vibrations diminuaient et l'aiguille de l'ampèremètre indiquait des valeurs correspondant aux pressions exercées.

L'appareil peut être à plusieurs sensibilités. En effet, la loi des variations du courant en fonction de la pression varie suivant la puissance de l'hétérodyne. Il existe, pour chaque valeur de cette puissance un maximum pour la pression à mesurer. Ce maximum correspond à l'étouffement complet des vibrations du cristal et le courant correspondant est celui qu'on obtient si l'on supprime sur la courbe de résonance du circuit la « crevasse » due aux vibrations du quartz. Ainsi j'ai réalisé des appareils pouvant mesurer quelques kilogrammes ou quelques dizaines de grammes.

Lorsqu'on se propose non seulement de mesurer des pressions, mais aussi de les enregistrer, on peut, par exemple dans le cas d'un oscillographe à cadre mobile, détecter ou redresser le courant de haute fréquence. Dans le cas d'un oscillographe cathodique, on peut appliquer les tensions alternatives de haute fréquence directement.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'effet de conversion interne.*

Note de M. **J. Solomon**, transmise par M. J. Perrin.

De récents travaux [1] ont montré que la théorie de l'électron de Dirac est en mesure d'expliquer de façon correcte l'effet de conversion interne, c'est-à-dire l'absorption par un électron d'un atome radioactif du photon γ émis par le noyau de celui-ci. La probabilité de ces transitions s'obtient par un calcul de perturbations. Si dans ces conditions E_0 est l'énergie initiale de l'électron, E_f son énergie finale, $h\nu$ l'énergie du photon γ, la théorie de la variation des constantes fait apparaître deux dénominateurs de résonance $E_f - E_0 - h\nu$ et $E_f - E_0 + h\nu$. Le premier dénominateur correspond à $E_f > m_0c^2 > 0$ et indique que l'électron est émis avec une énergie cinétique positive située dans le spectre continu (effet photoélectrique interne). Quant au second dénominateur, il n'a de sens qu'en théorie relativiste et lorsque $h\nu \geqq 2m_0c^2$. Il y a en effet alors possibilité de résonance avec le spectre continu d'énergie totale *négative*

$$E_f = E_0 - h\nu < -m_0c^2 < 0.$$

---

(1) H. R. Hulme, *Proc. Roy. Soc.*, 138, 1932, p. 643; H. M. Taylor et N. F. Mott, *Ibid.*, 138, 1932, p. 665.

En vue de préciser dans ce problème les limites d'applicabilité de la théorie de Dirac, il peut être intéressant de donner une évaluation de la fréquence de ces dernières transitions. De façon générale, la probabilité de ces transitions est déterminée par le carré de l'élément de matrice

$$(1) \qquad \int \psi_f^* \mathrm{V}(\psi_0)\, dx\, dy\, dz,$$

où V désigne l'énergie d'interaction entre le noyau et l'électron. L'évaluation exacte en est assez compliquée ([1]), mais on peut se contenter ([2]) de remarquer que la valeur (1) dépend surtout des valeurs des fonctions d'onde à l'origine, et ceci d'autant plus que la fréquence est plus élevée, comme le montrent des considérations simples de conservation de l'énergie et de quantité de mouvement ([3]). Ceci peut être vérifié pour ψ_0 : par exemple, les coefficients de conversion interne pour les électrons K et les électrons L_1 sont dans le rapport de 100 à 14, alors que les densités électriques à l'origine sont dans le rapport de 100 à 12,5. On peut donc appliquer cette approximation sans trop de risques d'erreur pour l'évaluation du rapport des fréquences de transitions vers les états d'énergie négative et vers les états d'énergie positive. La densité des électrons au voisinage de l'origine ([4]) est proportionnelle à

$$\frac{(1-\varepsilon^2)^{\sqrt{1-\gamma^2}}}{\varepsilon} e^{\pi\gamma|\varepsilon|} \left| \mathrm{S}\left(1+\sqrt{1-\gamma^2}+i\gamma|\varepsilon|\right)\right|^2 r^{2(\sqrt{1-\gamma^2}-1)}$$

où r désigne le rayon vecteur, ε le rapport de l'énergie finale, E_f l'énergie au repos m_0c^2, γ le nombre $2\pi \mathrm{Z}e^2/hc$ (Z étant le numéro nucléaire) soit environ Z/137. On en déduit pour le rapport ρ de la probabilité de passage vers les états d'énergie négative à la probabilité de passage vers les états d'énergie positive pour les différentes valeurs de $h\nu/m_0c^2 = \omega$ et $\mathrm{Z} = 84$ (cas du radium C) :

ω	1,87.	2.	3.	5.	∞.
ρ	15,9	1,86	0,65	0,81	1

Il faut d'ailleurs remarquer que les premières valeurs (correspondant à $\omega = 1,87$, $\omega = 2$) sont fort sujettes à caution. Les fortes valeurs calculées

---

(1) Cf. le travail de Hulme dans le cas où E_f est positive.

(2) Cf. H. CASIMIR, *Nature*, **126**, 1930, p. 953; *Phys. Zeit.*, **32**, 1931, p. 665.

(3) Cf. F. SAUTER, *Ann. d. Phys.*, **11**, 1931, p. 454.

(4) G. BECK, *Z. Physik*, **83**, 1933, p. 498.

pour ρ proviennent de ce que, dans ces conditions, l'énergie finale est très voisine de l'énergie au repos $-m_0c^2$; par conséquent l'électron quitte très lentement la région nucléaire et la probabilité de la transition est d'autant plus forte. Mais il est évident alors que l'approximation faite dans le calcul de (1) n'est plus valable (elle ne serait en droit valable que pour $h\nu/m_0c^2$ infini). Il est toutefois probable que les valeurs suivantes sont suffisamment approchées.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'absorption des rayons γ très pénétrants.* Note [1] de M. **W. Gentner**, présentée par M. Jean Perrin.

Plusieurs travaux des dernières années (Tarrant, L. Meitner et Hupfeld, Chao, Jacobsen) ont montré que la formule de Klein et Nishina n'est en accord approché avec les expériences que pour les éléments légers, en employant les rayons du radium et du Th C″ très filtrés. Pour les éléments plus lourds, on trouve, entre la théorie et l'expérience, une différence qui augmente avec le nombre atomique. Pour le plomb et les rayons de Th C″, la différence est déjà d'environ 40 pour 100. On a montré qu'il n'est pas possible d'expliquer cette différence seulement par l'effet photoélectrique. Il faut plutôt croire qu'il y a, pour les rayons γ de grandes énergies, une absorption supplémentaire dans les noyaux lourds d'une nature encore inconnue.

D'après les expériences de L. Meitner et Hupfeld, il s'agit d'une diffusion nucléaire sans changement de la longueur d'onde, tandis que Gray et Tarrant croient que l'absorption supplémentaire est provoquée par une excitation dans le noyau correspondant d'un rayonnement caractéristique de celui-ci. Cette absorprion supplémentaire, dite diffusion nucléaire, augmente avec le poids atomique et avec l'énergie du rayonnement.

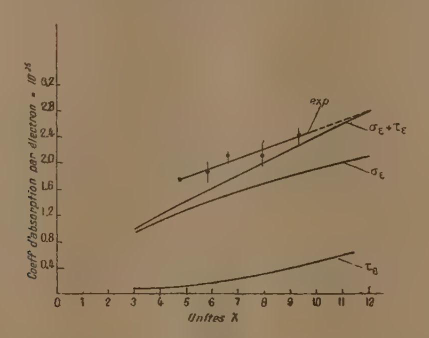
En outre, d'après les dernières expériences de I. Curie et F. Joliot et de L. Meitner et Philipp, une partie au moins des rayons γ très pénétrants provoque l'émission d'électrons positifs dans leur absorption par les éléments lourds.

On peut donc supposer que l'affaiblissement d'un faisceau de rayons γ de grande énergie est provoqué au moins par quatre effets différents : l'absorption par effet Compton, l'absorption photoélectrique, l'absorption

(1) Séance du 17 juillet 1933.

par diffusion nucléaire et l'absorption par excitation des électrons positifs.

L'absorption par effet Compton paraît conforme à la théorie de Klein et Nishina. La grandeur de l'effet photoélectrique peut être évaluée d'après la formule empirique de Gray. Sur les deux autres effets avec changement de longueur d'onde, il est difficile de dire quelque chose.



Pour éclaircir cette question, nous avons fait des expériences en examinant le coefficient d'absorption du plomb pour quelques longueurs d'onde. Pour obtenir certaines longueurs d'onde assez homogènes, nous avons diffusé le rayonnement du ThC″ filtré par 3^{cm} de plomb par un radiateur d'aluminium, pour obtenir seulement une diffusion Compton. Le radiateur ($3 \times 3 \times 3^{cm}$) était placé à une distance de 55^{cm} de la source de RdTh (100^{mg} Ra équi). Pour mesurer l'intensité des rayons diffusés, nous avons employé un tube de Geiger-Muller (2×4^{cm}) sans placer de protection au voisinage, afin d'éviter une diffusion secondaire, tandis que la source était bien protégée et le faisceau primaire bien canalisé. La distance entre le radiateur et le compteur était de 30^{cm} et restait invariable pour tous les angles. Le filtre absorbant en plomb était suspendu à égale distance du radiateur et du compteur. Les angles employés étaient 0°, 18°; 23°, 30°, 36° correspondant à des longueurs d'onde de 4,7 U.X, 5,9 U.X, 6,6 U.X, 7,9 U.X, 9,3 U.X.

La courbe donne les résultats de ces mesures. Le trait de part et d'autre du point expérimental indique la limite de l'erreur. La courbe $\sigma_\varepsilon + \tau_\varepsilon$ ($\sigma_\varepsilon =$ coefficient de diffusion par électron, $\tau_\varepsilon =$ coefficient photoélectrique par électron du plomb) est calculée d'après les formules de Klein et Nishina et de Gray. La distance entre la courbe calculée et la courbe expérimentale représente, pour chaque longueur d'onde, la grandeur du coefficient d'absorption de diffusion nucléaire. A la longueur d'onde de 12 U. X.,

environ, la courbe expérimentale rejoint la courbe calculée, c'est-à-dire, qu'au point de rencontre, la diffusion nucléaire sur le plomb commence. Il est remarquable que le commencement de la diffusion nucléaire correspondant à une énergie d'environ 1×10^6 eV est en accord avec l'hypothèse que cette absorption supplémentaire est en partie attribuée à la disparition d'un quantum avec projection d'un électron (—) et d'un électron (+), parce que l'énergie pour produire la masse des deux électrons est $1,02 \times 10^6$ eV.

D'autre part, deux faits expérimentaux sont encore en bon accord avec chacune des deux courbes. C'est, premièrement, la valeur du coefficient d'absorption pour le rayonnement du radium, mesuré et calculé par L. Meitner et Hupfeld, et deuxièmement, que la diffusion nucléaire est deux fois plus grande pour les rayons de ThC″ que pour ceux du radium (Gray et Tarrant).

Notons encore le travail de Chao qui, avec une méthode analogue à la nôtre, cependant moins exacte (faible intensité du rayonnement), n'a pu donner que des valeurs relatives entre le plomb et l'aluminium. Il suppose un saut de coefficient d'absorption dans le plomb pour la longueur d'onde de 6,6 U. X. Nous n'avons trouvé aucune indication de ce phénomène à la limite des erreurs expérimentales.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le rayonnement β du radium E et du dépôt actif de l'actinium.* Note de M. **Marcel Lecoin**, transmise par M. Jean Perrin.

Nous avons étudié le rayonnement β primaire de désintégration émis par différents corps radioactifs et plus particulièrement la limite supérieure de vitesse des rayons émis par ces différents corps. Les renseignements sur ce point sont encore peu nombreux.

Nous nous sommes servis du dispositif expérimental établi à l'Institut du Radium par M. Skobetzyn pour ses recherches sur les électrons Compton. Ce dispositif comprend essentiellement un appareil à détente de Wilson placé dans un champ magnétique uniforme perpendiculaire au plan d'observation. On prend la photographie stéréoscopique des trajectoires de brouillard et de leurs rayons de courbure on déduit l'énergie d'un rayon β.

Mais, en réalité, les trajectoires parfaitement circulaires sont rares, par suite de nombreux chocs et déviations diverses qu'un électron subit dans le passage à travers l'oxygène remplissant la chambre. Le rayon des portions de trajectoires paraissant absolument régulières est déterminé par la mesure

d'une corde et de la flèche correspondante à l'aide d'un oculaire micrométrique à deux déplacements rectangulaires. Cette méthode permet de suivre les trajectoires point par point et de vérifier la régularité de la courbure. L'erreur dans les mesures est inférieure à 5 pour 100.

Rayonnement β *de l'actinium* B *et de l'actinium* C″. — Nous avons entrepris l'étude du rayonnement β émis par le dépôt actif de Ac, aucun résultat n'ayant été indiqué par cette méthode jusqu'à présent. La source était préparée par activation sur un disque de cellophane de 1^{mg},3 au centimètre carré. Cette source portée par un tube métallique était introduite dans la chambre de Wilson, la face activée du disque de cellophane tournée vers l'intérieur de l'appareil : le rayonnement α était complètement arrêté alors que le rayonnement β subissait un ralentissement inappréciable. Une quinzaine de rayons étaient photographiés à chaque détente dont une dizaine seulement pouvaient être mesurés avec précision. On a évalué, cependant, la courbure des rayons rejetés ce qui a permis de constater que la proportion de ces rayons était à peu près la même pour chaque énergie à partir de 1500 Hρ, la statistique ne se trouvait donc pas faussée par ce choix.

Sur la ligne 1 du Tableau I sont reportés les résultats de la statistique portant sur 600 rayons.

Nous avons ensuite étudié dans les mêmes conditions le rayonnement émis par l'Ac″ seul, les sources étant préparées par recul sur disque de cellophane et introduites dans la chambre. Les résultats de la statistique portent actuellement sur 250 rayons qui figurent aussi au Tableau I.

Tableau I.

	Dépôt actif.	AcC″.		Dépôt actif.	AcC″.
Jusqu'à 1250 Hρ...	48	11	De 3750 à 4250....	54	28
De 1250 à 1750....	76	13	De 4250 à 4750....	46	24
De 1750 à 2250....	88	33	De 4750 à 5250....	27	9
De 2250 à 2750....	82	40	De 5250 à 5750....	16	6
De 2750 à 3250....	61	36	De 5750 à 6250....	8	4
De 3250 à 3750....	66	30	De 6250 à 6750....	6	3

La courbe de répartition des énergies (abscisses : énergie; ordonnées : nombres de rayons β) n'a de sens qu'à partir de 1500 Hρ; au-dessous de cette valeur, les rayons sont trop déviés pour qu'on puisse les observer correctement. Pour l'Ac″, elle a l'aspect d'une courbe en cloche dont le maximum est aux environs de 3000 Hρ et se termine vers 6500 Hρ. Si l'on trace la courbe correspondant à l'ensemble du dépôt actif et en admettant

que le nombre de rayons émis par l'AcB est égal au nombre de rayons émis par l'AcC, on obtient approximativement la courbe de répartition de l'AcB. Celle-ci a son maximum aux environs de 1000 Hρ et se termine entre 3000 et 3500 Hρ d'une façon qu'il est impossible de préciser pour l'instant.

Rayonnement β *de grande vitesse du radium* E. — Nous avons cherché à préciser la fin du spectre continu du radium E. Le dispositif employé était le même que précédemment; nous introduisions dans la chambre un faisceau de rayons β fortement canalisé. Les rayons sont répartis par le champ suivant une sorte de spectre; les rayons de plus grande vitesse sont à la partie extérieure de ce faisceau et peuvent être mesurés avec précision. Nous avons photographié environ 6000 rayons; sur ce nombre plus de 400 rayons furent mesurés, dont une centaine seulement ont été retenus et figurent dans le tableau suivant :

TABLEAU II.

	De 4600 à 5000 Hρ.	De 5000 à 5400 Hρ.	De 5400 à 5800 Hρ.	De 5800 à 6000 Hρ.	Au delà de 6000 Hρ.
Nombre de rayons émis.......	52	30	12	2	2 (1 de 7000, 1 de 6300)

Le nombre des rayons de 4800 Hρ est sûrement inférieur au nombre réel de rayons émis avec cette vitesse, certains de ces rayons se trouvant dans une partie du cliché où la mesure était difficile. La courbe de répartition des vitesses présente pour 5800 Hρ soit un arrêt, soit un changement brusque de direction. Il est difficile de savoir si les rayons de 6000 Hρ et plus appartiennent au spectre du radium E, ils ne peuvent être attribués à aucune impureté de radium, les sources employées contenant moins de 10^{-10} g. de Ra. La limite du spectre continu du RaE paraît donc être 5800 H$\rho \pm 250$.

Nous avons également recherché si le RaE émettait des électrons positifs. Deux séries de clichés ont été faites et nous pouvons en conclure que le RaE émet moins de 1 électron positif sur 2000 rayons.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les anomalies de trempe des fontes; leur rapport avec l'oxydation à l'état liquide.* Note [1] de M. **Auguste Le Thomas**, présentée par M. Léon Guillet.

On sait que le partage du carbone dans les fontes de moulage, entre le graphite et le carbure de fer dépend de la composition chimique, la teneur en silicium jouant un rôle prépondérant, et de l'allure du refroidissement après coulée. La mesure de l'épaisseur trempée d'une éprouvette parallélépipédique ($20 \times 80 \times 50^{mm}$) coulée contre un gros bloc de fonte caractérise l'aptitude à la trempe de la fonte; pour qu'une fonte convienne bien à la coulée d'une pièce d'épaisseur et de structure données, l'aptitude à la trempe doit être fixée, avec une précision de l'ordre de 2 à 3^{mm}, à un taux déterminé indiqué par la pratique. J'ai constaté que certaines influences d'allure accidentelle pouvant être rattachées à l'hérédité des fontes [2] et les conditions de chauffage du bain fondu agissent aussi sur l'aptitude à la trempe; tout se passe alors comme si un élément complémentaire à action trempante, non décelé par l'analyse chimique courante, se trouvait incorporé dans la fonte et persistait à travers les fusions.

En chauffant dans des fours (à creuset ou électrique) entre 1300 et 1400°, à bain nu, une bonne fonte de moulage, l'aptitude à la trempe croît progressivement; en deux ou trois heures, l'éprouvette est totalement trempée; l'analyse chimique ne révèle pas une modification de la composition (particulièrement sur le silicium), suffisante pour expliquer cette variation. Si la fusion est opérée sous un laitier désoxydant, l'aptitude à la trempe ne varie pas. Si l'on reprend la première expérience et qu'on désoxyde la fonte, soit dans le four par un laitier désoxydé, soit dans la poche par une addition convenable à un taux généralement minime, l'excédent de trempe acquis au cours du chauffage antérieur disparaît. Les éléments d'addition qui ont une action de ce genre ne sont pas nécessairement ceux qui sont connus comme graphitisants : l'aluminium, le magnésium, le zinc, le chrome, le silicium, le charbon de bois réduisent l'excédent de trempe; le nickel, le cuivre, le phosphure de cuivre, le molybdène, le graphite d'écume n'ont pas d'action nette. Ci-après, le résumé des expériences que j'ai effectuées.

---

(1) Séance du 10 juillet 1933.

(2) *L'hérédité des fontes*, suivie d'une observation de M. Léon Guillet (*Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1595).

Durée du chauffage à 1350°.	Aptitude à la trempe (millim.).	Silicium %.	Teneur en carbone combiné des barreaux cylindriques de 15mm.	30mm.	60mm.
Laitier désoxydé.					
0	3	1,70	–	–	–
30 minutes	3	1,68	0,81	0,76	0,76
Bain nu.					
60 minutes	20	1,59	1,44	0,76	0,75
90 »	27	1,49	2,01	0,79	0,78
135 »	40	1,31	2,41	1,36	0,83
Laitier désoxydé.					
165 minutes	40	1,21	–	–	–
195 »	35	1,21	–	–	–
225 »	30	1,19	–	–	–
255 »	16	1,17	–	–	–

Observations diverses. — 1. Variations des teneurs en différents éléments de la fonte : C, 2,59 à 2,63; S, 0,003; Mn, 0,78 à 0,74; P, 0,097.

2. La teneur en FeO du laitier croît progressivement de 0,70 à 5,57 % pour revenir ensuite à 0,82 %.

3. Aptitudes à la trempe avant et après diverses additions faites dans la poche : Al, 50 — 5; Mg, 40 — 5; Cu, 26 — 26; Cr, 26 — 12; Si, 26 — 2; phosph. de Cu, 50 — 50; Mo, 50 — 50; graphite, 50 — 50; Ni, 50 — 50; charbon de bois, 38 — 12.

Il résulte de ces expériences les enseignements suivants :

1° Une fonte de composition donnée a une aptitude à la trempe qui dépend des conditions de la fusion; les variations sont en concomitance avec l'oxydation ou la désoxydation du bain; elles ne dépendent pas sensiblement des températures de fusion et de coulée, du moins jusqu'à 1400 degrés.

2° L'aptitude à la trempe prend une valeur minimum lorsque la fonte a été convenablement désoxydée; cette valeur est indépendante de la nature du désoxydant (compte tenu s'il y a lieu de l'effet individuel du surplus de ce désoxydant qui reste dissout dans le bain) et est ainsi une caractéristique de la fonte, qu'on pourrait appeler aptitude normale à la trempe, dépendant uniquement de la composition chimique courante.

3° Dans le cas général, les fontes de moulage ont une aptitude à la trempe supérieure à cette valeur minimum; la différence, mesurée en coulant successivement deux éprouvettes dont l'une est désoxydée, pourrait

être appelée anomalie de trempe, caractéristique indépendante de l'analyse chimique courante de la fonte mais en rapport avec les conditions d'oxydation à l'état liquide (du moins jusqu'à 1400 degrés). L'anomalie de trempe est héréditaire dans les conditions ordinaires des fusions non accompagnées ou suivies de désoxydation; son augmentation s'accompagne d'une diminution de la coulabilité.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les combinaisons du bromure de zirconyle avec les bromures alcalins*. Note [1] de M. **Ed. Chauvenet** et de Mlle **J. Boulanger**.

Poursuivant notre étude sur les composés susceptibles de se former en solution concentrée entre les oxy-halogénures de zirconium et les halogénures alcalins, nous avons recherché les combinaisons bromées. Comme pour les chlorures, nous avons appliqué la méthode des chaleurs de mélanges [2].

	Poids de 100$^{cm^3}$ des solutions 1,5 N.	Chaleurs spécifiques.
	g	cal
Br^2ZrO	122,566	0,695
BrLi	108,842	0,905
BrNa	110,936	0,841
BrK	111,912	0,915
BrRb	118,394	0,838
BrCs	123,774	0,699
$BrNH^4$	107,880	0,803

Les mesures ont été faites dans un petit calorimètre placé dans un vase de Dewar, introduit lui-même dans une enceinte calorimétrique.

Le mélange des solutions de bromure de zirconyle et de bromure de lithium n'a produit aucun effet thermique.

Composition des mélanges.	Effet thermique.
Système Br^2ZrO — BrNa.	
	cal
10$^{cm^3}$ Br^2ZrO — 20$^{cm^3}$ BrNa	2,13
12 » — 18 »	3,30
15 » — 15 »	3,95
18 » — 12 »	3,33

La courbe présente un maximum pour le mélange Br^2ZrO — BrNa.

(1) Séance du 17 juillet 1933.

(2) *Comptes rendus*, **171**, 1920, p. 855.

Système Br^2ZrO — BrK.

						cal
5^{cm^3}	Br^2ZrO —	25^{cm^3}	BrK		....	2,62
10	»	— 20	»		....	4,84
15	»	— 15	»		....	6,35
20	»	— 10	»		....	6,87
25	»	— 5	»		....	5,2

La courbe présente un maximum pour le mélange $2Br^2ZrO$ — BrK.

Système Br^2ZrO — BrRb.

					cal
10^{cm^3}	Br^2ZrO —	20^{cm^3}	BrRb	....	7,73
15	»	— 15	»	....	11,24
18	»	— 12	»	....	11,62
20	»	— 10	»	....	9,88

La courbe présente un maximum pour le mélange $3Br^2ZrO$ — 2BrRb.

Système Br^2ZrO — BrCs.

					cal
10^{cm^3}	Br^2ZrO —	20^{cm^3}	BrCs	....	10,14
15	»	— 15	»	....	14,05
18	»	— 12	»	....	14,48
20	»	— 10	»	....	12,85

La courbe présente un maximum pour le mélange $3Br^2ZrO$ — 2BrCs.

Système Br^2ZrO — $BrNH^4$.

					cal
10^{cm^3}	Br^2ZrO —	20^{cm^3}	$BrNH^4$	....	1,74
15	»	— 15	»	....	2,63
20	»	— 10	»	....	1,77

La courbe présente un maximum pour le mélange Br^2ZrO — $BrNH^4$.
Les combinaisons annoncées sont donc les suivantes :

Br^2ZrO, BrNa; Br^2ZrO, $BrNH^4$; $2Br^2ZrO$, BrK;
$3Br^2ZrO$, 2BrRb; $3Br^2ZrO$, 2BrCs.

Nous n'avons pu isoler que la dernière, par évaporation lente et à froid de la solution correspondante. Elle se présente sous la forme de gros cristaux brunâtres et brillants, cristallisant avec 27 molécules d'eau. La dessiccation dans l'air sec et à la température ordinaire conduit à l'hydrate à 21 molécules d'eau :

	Trouvé.		Calculé pour $3Br^2ZrO$, 2BrCs, $21H^2O$.
Br pour 100	39,86	Br pour 100	39,88
Zr pour 100	17,13	Zr pour 100	17,07

ISOMÉRIE SPATIALE ET EFFET RAMAN. — *Spectres Raman des orthodiméthylcyclohexanes isomères cis-trans.* Note de MM. **O. Miller** et **L. Piaux**, présentée par M. C. Matignon.

L'effet Raman est un des moyens les plus sensibles de mettre en évidence l'existence des formes isomères prévues théoriquement; deux composés, de même formule brute, mais dont la constitution spatiale diffère, n'ont pas le même spectre Raman, qu'il s'agisse d'isomérie de position pour les liaisons éthyléniques ou acétylénique, d'isomérie céto-énolique, d'isomérie cis-trans éthylénique, etc.

Nous avons étudié cette fois le problème de l'isomérie cis-trans, par rapport au plan du noyau, chez un carbure cyclique disubstitué, l'orthodiméthylcyclohexane, préparé par hydrogénation catalytique de l'orthoxylène. Les deux carbures saturés isomères ont été séparés par une série de 15 tours de distillation fractionnée; leurs constantes sont les suivantes (¹) :

Dérivé *trans* : Eb. 123°,66-123°,72 sous 760^{mm}; $D_4^{20} = 0,77586$.
Dérivé *cis* : Eb. 130°,02-130°,03 sous 760^{mm}; $D_4^{20} = 0,79636$.

Les spectres ont été enregistrés avec le spectrographe décrit par Bourguel (²); on a fait deux poses pour chaque composé, l'une sans filtre, l'autre avec interposition d'un verre GG_3 de Schott, qui absorbe la raie 4047 du mercure; l'effet Raman étant très faible, comme pour tous les composés saturés, il nous a fallu effectuer des poses de 24 heures (³); aussi les indications F (forte), m (moyenne), f (faible) sont-elles toutes relatives. Le tableau ci-dessous rassemble les résultats obtenus; la colonne du milieu reproduit les résultats indiqués précédemment par MM. Godchot, Canals et Mlle Cauquil (³) pour l'orthodiméthylcyclohexane.

(¹) O. Miller, *Bull. Soc. Chim. Belg.*, 42, 1933, p. 238.
(²) M. Bourguel, *Rev. d'Optique*, 10, 1931, p. 474.
(³) Avec plaques Opta.

Orthodiméthylcyclohexanes cis et trans. Spectres Raman.

Trans.	MM. Godchot, Canals, M[lle] Cauquil.	Cis.
—	—	333 f
415 m	412	414 m
440 m	—	537 m
498 F	493	593 f
749 F	726	730 F
819 m	—	842 a F
857 m	—	920 f
950 m	952	944 m
1005 a F	1004	977 a F
1078 m	1078	1005 a F
1164 a F	1167	1053 m
1218 a F	—	1095 a F
1252 m	—	1159 m
1292 m.	—	1221 m
1343 a F } doublet	1260	1256 a F
1355 a F }	1363	1302 a F
1446 F } doublet	1447	1320 a F
1460 F }	—	1441 F }
2660 m	—	1455 m. bl }
2844 F	—	2854 TF
2854 F	2853	2873 a F
2915 F	—	2894 a F
2931 TF tl	2925	2927 TF tl
2950 m	—	2959 m
2975 m	—	2973 m

Conclusions. — 1° Les spectres Raman des deux isomères sont nettement différents, les seules raies communes sont :

414, 1005, 1446 environ (celle-ci très floue est la raie des CH^2), et les deux raies larges très fortes caractéristiques des liaisons C — H, 2854, 2928 environ.

La plus apparente de ces différences se trouve dans la région des basses fréquences : deux raies fortes à 498, 749 caractérisent le carbure trans, le carbure cis n'a qu'une raie forte à 730.

2° L'absence totale des raies fortes de chacun des carbures dans le spectre de l'autre, dans cette même région, où les lectures sont très faciles, montre leur haut degré de pureté, l'un par rapport à l'autre; les produits étudiés, d'une part, par MM. Godchot, Canals et M[lle] Cauquil (1), pour l'effet Raman, d'autre part, par Zelinsky et Margolis (2), pour d'autres propriétés

(1) Godchot, Canals et M[lle] Cauquil, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 176.

(2) *Ber. d. chem. Ges.*, 65, 1932, p. 1613.

physiques et chimiques, sont vraisemblablement tous des mélanges cis-trans en proportions diverses.

3° L'absence totale des raies dans la région 1600-1700 cm^{-1} semble indiquer que les isomères sont exempts d'impureté aromatique (en l'espèce, l'orthoxylène), dans les limites de sensibilité de l'effet Raman (moins de 1 pour 100 de xylène).

4° Le tableau de comparaison semble indiquer en outre que dans les limites de précision des mesures (quelques cm^{-1} en plus ou en moins), les fréquences des isomères se conservent dans le spectre du mélange étudié par MM. Godchot, Canals et Mlle Cauquil [1]; ce spectre est incomplet, du fait même du mélange, l'intensité de l'effet Raman étant fonction de la densité moléculaire de chacun des constituants.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les émétiques dérivés des acides mandélique et malique*. Note [2] de MM. **Volmar** et **Betz**, transmise par M. Delépine.

Nous avons étudié [3] les conditions dans lesquelles l'acide lactique, monoalcool et monoacide, et les lactates alcalins fixent l'acide antimonieux avec formation d'un composé cristallisé

$$CH^3-CHO-COOH \qquad CH^3-CHO-COONa$$
$$\qquad\quad\llcorner\!\!-\!\!-\!\!-\!\!-\!\!-\!\!-\!\!-\!\!- Sb(OH) -\!\!\lrcorner$$

Nous nous sommes proposés de rechercher l'influence sur cette fixation de l'introduction dans la molécule d'acide-alcool d'un radical aromatique ou d'un autre carboxyle, et dans ce but nous avons préparé les émétiques dérivés des acides mandélique et malique. Nous avons opéré comme dans le cas de l'acide lactique, en étudiant successivement :

1° La fixation en fonction du temps, qui nous a conduits à des courbes analogues à celles de l'éthérification.

2° La fixation en fonction de l'acidité, en opérant sur des mélanges de proportions variables d'acide et de sel alcalin; l'acide antimonieux fixé a été titré par la méthode habituelle à l'iode.

I. *Émétique dérivé de l'acide mandélique* $C^6H^5-CHOH-COOH$. —

(1) *Loc. cit.*

(2) Séance du 24 juillet 1933.

(3) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 355.

L'acide employé était de l'acide racémique de synthèse. Les résultats obtenus ont été réunis dans le tableau suivant :

Acidité libre (pour 100)	0.	10.	18,5.	30.	50.	53,5.	76.	100
I $n/10$ employé pour 5^{cm^3} de solution (en centimètres cubes)	0,45	0,5	5,8	8,45	10,6	10,5	7,9	2,2

Le maximum de fixation correspond à *un mélange équimoléculaire d'acide mandélique et de mandélate de sodium :* il est nettement plus accentué que dans le cas de l'acide lactique.

Nous avons pu obtenir à l'état cristallisé l'antimoniomandélate de sodium, déjà entrevu, mais non isolé par Henderson et Barr (*J. Ch. Soc.*, 69, 1896, p. 1452), en nous plaçant dans les conditions correspondant au maximum de fixation et nous l'avons purifié par cristallisations répétées dans l'eau additionnée de 0,2 pour 100 d'hydroquinone agissant comme antioxydant et évitant son altération à l'air. Il se présente sous la forme d'aiguilles incolores, solubles dans l'eau, mais non dans les dissolvants organiques; ses solutions aqueuses ont une réaction nettement acide et brunissent rapidement à l'air; l'hydrogène sulfuré et les alcalis en déplacent facilement l'antimoine. Sa composition déduite des dosages de l'antimoine, de l'acidité et du sodium correspond à la formule :

$$\underbrace{C^6H^5-CHO-COOH \quad C^6H^5-CHO}_{Sb(OH)}-COONa$$

Ce composé est plus stable et moins facilement hydrolysable que l'antimoniolactate correspondant.

II. *Émétique dérivé de l'acide malique* $COOH-CH^2-CHOH-COOH$. — La fixation de l'acide antimonieux par l'acide malique a déjà été signalée par Pasteur [1], puis par Henderson et ses élèves [2], qui ont isolé un émétique potassique et un émétique ammoniacal. Afin de tenir compte des deux carboxyles de l'acide malique et d'obtenir des résultats comparables à ceux donnés par les acides lactique et mandélique monoacides, nous avons utilisé une solution binormale, et non normale, d'acide malique que nous avons additionnée de quantités croissantes de soude binormale, et sur laquelle nous avons fait réagir l'acide antimonieux. Les résultats obtenus ont été réunis dans le tableau suivant :

---

(1) *Ann. Chim. et Phys.*, 31, 1851, p. 87.
(2) *J. Chem. Soc.*, **67**, 1895, p. 102; **69**, 1896, p. 1452.

Acidité libre (en pour 100)	1,5.	20.	41.	66.	80.	8,85.	100.
I $n/10$ employé pour 5^{cm^3} de solution (en centimètres cubes)	1,2	8	10,5	11,9	10,8	8,5	3,1

L'acide malique employé étant de l'acide gauche, nous avons pu également suivre la fixation et confirmer les résultats précédents au moyen du polarimètre. La courbe de fixation présente un *maximun très net pour un mélange de deux molécules d'acide malique et de une molécule de malate neutre de sodium ou de une molécule d'acide malique et de deux molécules de malate acide*, et non plus pour un mélange équimoléculaire, ce qui ne peut s'expliquer qu'en admettant que sur les deux carboxyles un seul entre en réaction, vraisemblablement le plus voisin de la fonction alcool.

Nous avons pu isoler l'antimonomalate de sodium à l'état cristallin, et le purifier par cristallisations répétées dans l'eau.

Il se présente sous la forme de prismes incolores très solubles dans l'eau, mais non dans les dissolvants organiques, doués du pouvoir rotatoire $\alpha_D = +83°,4$; ses solutions aqueuses ont une réaction acide et sont stables à froid, l'hydrolyse ne se produit qu'à chaud; l'hydrogène sulfuré en précipite du sulfure d'antimoine et les alcalis y mettent l'acide antimonieux en liberté.

Sa composition, déduite des dosages d'antimoine, de sodium et d'acidité, est assez complexe; elle correspond à la formule :

(2) $COOH-CHO-CH^2-COONa \quad COOH-CHO-CH^2.COONa$
|__________Sb(OH)__________|
\+ $COOH-CHO-CH^2-COOH \quad COOH-CHO-CH^2-COOH + SH^2O$
|__________Sb(OH)__________|

analogue à celle indiquée par Henderson (*loc. cit.*) pour les antimonomalates de potassium et d'ammonium.

L'alourdissement de la molécule d'acide alcool par introduction, soit d'un radical aromatique, soit d'un autre carboxyle, a donc pour conséquence d'augmenter la stabilité de l'émétique correspondant.

L'introduction d'un radical aromatique, sans influence sur la fixation de SbO^2H, *ne change pas la position du maximum de fixation; au contraire l'addition d'un deuxième carboxyle entraîne son décalage du côté de l'acidité maxima.*

CHIMIE. — *Sur des constituants antioxydants ou antioxygènes de l'essence de cracking*. Note de MM. **E. Vellinger** et **G. Radulesco**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On sait, depuis les travaux de divers auteurs et plus spécialement de Lumière et Seyewetz, de Moureu et Dufraisse, que l'oxydation spontanée de certaines substances est empêchée par des catalyseurs négatifs dits antioxydants ou antioxygènes. C'est en se basant sur ces travaux que l'on a pu étudier un grand nombre de substances s'opposant à l'oxydation spontanée de l'essence de cracking, essence particulièrement sensible à l'action de l'oxygène de l'air. L'oxydation de ses constituants altérables donne naissance à la gomme qui risque de déterminer un encrassage du moteur.

Dans une étude sur le raffinage de l'essence de cracking, nous avons été plus particulièrement frappés par la grande résistance à l'oxydation de l'essence brute comparée à celle de l'essence raffinée. Nous avons expliqué ce comportement paradoxal en supposant que l'essence brute contient des produits antioxydants éliminés par le raffinage. De nombreuses expériences ont confirmé cette manière de voir. En effet, si l'on ajoute à un échantillon d'essence raffinée par la méthode usuelle à l'acide sulfurique un faible pourcentage (3-5 pour 100) d'essence brute, on constate que l'oxydabilité déterminée avec notre technique photochimique [1] se trouve considérablement diminuée.

Des résultats meilleurs encore sont obtenus lorsqu'on ajoute à l'essence raffinée certaines fractions de l'essence brute passant entre les limites de température précises. Les subtances antioxydantes se trouvent dans les fractions passant à des températures supérieures à 140°. L'intensité de l'action antioxydante croît avec la température de distillation de la fraction (voir figure). Il est bien évident que cette action croît également avec le pourcentage de la fraction active ajoutée. Mais on est limité par la quantité que l'on peut extraire de l'essence brute. La courbe E donne la période d'induction en fonction du volume de la fraction active ajoutée.

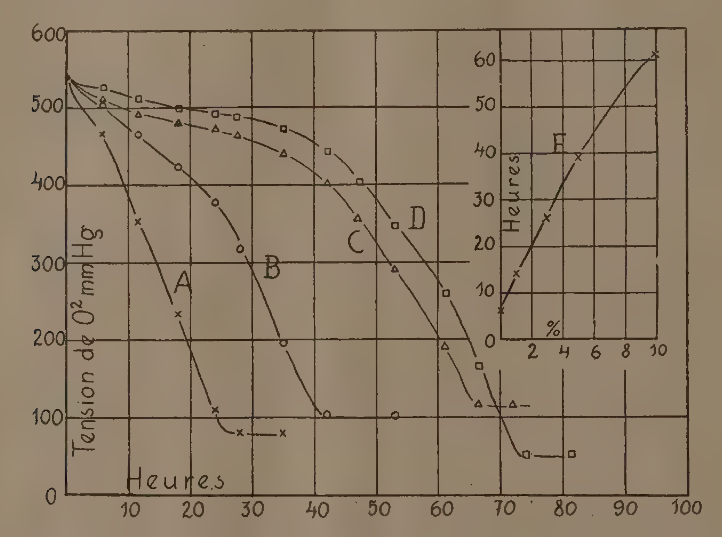
Pour des fractions passant à plus basses températures on observe, au contraire, une accélération de l'oxydation.

Nous avons été ainsi conduits à utiliser les fractions lourdes de l'essence

---

[1] *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1495; *World Petroleum Congress*, Londres, 1933.

brute comme inhibiteurs en opérant de la manière suivante : on raffine l'essence passant jusqu'à 170° et on ajoute la fraction brute passant entre 170 et 180°. L'essence obtenue aura sensiblement les caractéristiques de l'essence tourisme ordinaire. Cette façon d'opérer dispense de traiter environ 10 pour 100 du produit. Il en résulte donc une économie sérieuse outre



Action antioxydante de diverses fractions d'essence de cracking brute : A, essence raffinée; B, essence A additionnée de 3 pour 100 de la fraction brute passant entre 142 et 154°; C, *idem* pour la fraction 154-168°; D, *idem* pour la fraction 168-173°; E, période d'induction en fonction du volume de la fraction active ajoutée.

la stabilisation obtenue. Il est important de remarquer que le « Doctor Test » reste négatif, tout au moins en ce qui concerne les essences étudiées par nous. L'inhibiteur utilisé comme il vient d'être dit n'a pas une activité aussi grande que les produits synthétiques préconisés par un grand nombre d'auteurs. Cependant elle est assez grande pour présenter une application industrielle intéressante étant donné la diminution considérable du prix de revient.

Les indications qui précèdent n'ont pas une valeur absolue. Il convient de faire pour chaque mode de cracking et pour chaque matière première utilisée une étude spéciale permettant de définir les conditions optima.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Constantes cristallographiques des hydrates des phénylméthyléthylbétaïnes et des phénylméthylpropylbétaïnes.* Note [1] de Mme **Guaisnet-Pilaud**, présentée par M. C. Matignon.

Les hydrates de bétaïnes, décrits précédemment [2], ont été étudiés au point de vue cristallographique dans le but de faciliter l'observation du passage d'une forme à l'autre. Cette étude a été faite suivant les conseils de M. C. Gaudefroy ; pour les déterminations des propriétés optiques, les cristaux ont été directement examinés, sans être chauffés, c'est-à-dire de façon à éviter toute isomérisation.

Phénylméthyléthylbétaïne monohydratée (I). — Elle se présente sous la forme d'aiguilles très biréfringentes, groupées en houppes, fondant à 175°,5. Extinction droite; allongement négatif; biaxe positif. Indices :

$$n_m = 1,585 \pm 0,003; \qquad n_p = 1,549 \pm 0,003.$$

```
         /CH³                          /CH³
C⁶H⁵N   C²H⁵.H²O           C⁶H⁵N—C²H⁵.2H²O
    O<   >CH²                  O<   >CH²
      CO                             CO
     (I).                          (II).
```

Phénylméthyléthylbétaïne dihydratée (II). — Elle cristallise en tables à contour losangique, fondant à 79°,5, se resolidifiant presque immédiatement pour fondre à nouveau vers 100° avant de se décomposer à 145-150°. Système monoclinique, tables p allongées dans le plan de symétrie.

	$m:m$.	$p:m$.	$e^1:e^1$.	$p:e^1$.
Angles mesurés......	75°40′ ± 10′	97°32′ ± 10′	99°25′ ± 10′	130°17′ ± 15

Ces tables présentent *deux clivages*, l'un parallèle au plan du losange, l'autre transversal sur le plan du losange (100°20′ ± 15′), parallèle à l'axe binaire.

Le plan des axes est dans le plan de symétrie; quasi-uniaxe positif; dispersion optique notable ($\rho > v$). Indices : $n_m < 1,585$; $n_p = 1,549 \pm 0,003$.

Phénylméthylpropylbétaïne monohydratée (III). — Elle se présente sous la forme de très petites tables allongées, fondant à 172°; les essais de cristal-

---

(1) Séance du 24 juillet 1933.

(2) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1286; **197**, 1933, p. 156.

lisation faits jusqu'à présent ne permettent pas d'effectuer des mesures goniométriques.

Biaxe positif; extinction droite; le plan des axes est perpendiculaire à l'allongement; la première bissectrice est perpendiculaire au plan d'aplatissement des tables. On peut donc penser que les cristaux appartiennent au système orthorhombique. Indices :

$$n_m = 1,595 \pm 0,003; \qquad n_p = 1,555 \pm 0,003.$$

$$C^6H^5N \begin{cases} CH^3 \\ C^3H^7 . H^2O \\ O\langle\rangle CH^2 \\ CO \end{cases} \text{(III)}. \qquad C^6H^5N \begin{cases} CH^3 \\ C^3H^7 . 2H^2O \\ O\langle\rangle CH^2 \\ CO \end{cases} \text{(IV)}.$$

Phénylméthylpropylbétaïne dihydratée (IV). — Elle se présente sous la forme de petits prismes satinés (alcool absolu) ou transparents (acétate de méthyle) lorsqu'on l'obtient à partir de l'iodure cristallisé (1); le fractionnement des hydrates préparés à partir de l'iodure gel fournit des prismes à contour mal défini.

Cristaux quasi-uniaxes positifs. Indices :

$$n_m < 1,595; \qquad n_p < 1,555 \pm 0,003.$$

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Trias au Cambodge.*

Note de M. **J. Gubler**.

Les différentes séries sédimentaires, toutes détritiques, de l'ossature du Cambodge se sont longtemps refusées à une classification raisonnée. C'est qu'en effet, en l'absence de tout fossile, les grès triasiques se confondent d'abord avec un terrain plus ancien également gréseux. Des itinéraires plus ou moins espacés n'ayant appporté aucune solution, ce ne sont que des levés détaillés dans la région de Pailin qui m'ont permis de séparer les grès du Trias de ceux d'avant le Permien.

Le Trias est représenté au Cambodge occidental par d'importants conglomérats, des brèches, des microbrèches des grès grossiers et des tufs rhyolitiques, le tout alternant fréquemment avec des marnes.

C'est l'étude détaillée des éléments contenus dans les conglomérats qui

---

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 157.

m'a permis de préciser la limite inférieure de ces dépôts. On y trouve en effet, remaniés, des galets de calcaires permiens contenant de temps à autre de Fusulinides. En outre, j'y ai recueilli de nombreux fragments de phtanites, de grès anciens, de granites écrasés, de gneiss, de gabbros, de dolérites, d'andésites empruntés au sous-sol. La limite inférieure de ce terrain est donc fixée par la présence de galets permiens bien datés. En l'absence de tout fossile, la limite supérieure n'en pourrait être établie avec certitude. Toutefois, le complexe tout entier étant plissé et recouvert par les grès horizontaux secondaires, on peut affirmer que ces couches se sont déposées avant les plissements majeurs. En suivant les auteurs qui ont travaillé dans le nord de l'Indochine plus fossilifère, notamment MM. Jacob et Fromaget, nous pouvons admettre que ces mouvements ont eu lieu au sommet du Trias. C'est donc avant le Norien que se sont accumulés ces dépôts.

Au nord-ouest du Cambodge, les brèches, microbrèches et grès du Trias forment un massif étendu qui culmine dans le phnom Tadeth, au sud de Pailin. Ces roches ont déjà été observées à Pailin par le commandant Dussault [1] et décrites d'après les déterminations de M. Bourret comme tufs rhyolitiques. C'est qu'en effet au sein de cet ensemble détritique il est très fréquent de trouver de véritables cinérites cimentées *in situ* et provenant vraisemblablement de coulées ou de projections rhyolitiques sous-marines. L'étude détaillée de ces sédiments montre le passage de roches bréchoïdes franchement détritiques à de véritables tufs rhyolitiques par disparition des éléments clastiques des premiers et apport des minéraux frais, non remaniés des rhyolites postperiniennes que nous avons signalé dans une précédente Note. Entre Pailin et Mopla, au Siam, ces tufs sont particulièrement abondants.

Le Trias affleure, en outre, au sud de Kompong Speu, au centre du Cambodge occidental, formant le massif du Chang Hor qui, de Trapeang Kaleng, à l'Est, s'étend jusqu'au phnom Chisor, à l'Ouest. Je signalerai de plus des conglomérats triasiques dans le Sud (province de Kampot entre Kosla et Cheng Menh) et en plusieurs points au nord-ouest de Kompong Speu. Enfin dans la région de Kompong Chnang, le Trias est connu en plusieurs buttes, le long de la voie du chemin de fer, il existe également à l'ouest de Pursat.

---

(1) *Bull. Serv. Géol. Indochine*, 15, fasc. 3, 1926, p. 11.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Les fluctuations du champ électrique terrestre.* Note (¹) de MM. **A. Dupérier** et **G. Collado**, transmise par M. Ch. Maurain.

1. Les fluctuations que présente le champ électrique terrestre par rapport à la courbe qui représente sa variation journalière sont ordinairement considérées comme des fluctuations locales irrégulières obéissant à des causes diverses et arbitraires, mais sans connexion avec un phénomène plus général.

Cette question, généralement laissée de côté, a été l'objet d'une étude minutieuse des auteurs.

Dans ce but, l'un de nous a utilisé premièrement l'enregistrement du champ que l'on fait à la station géophysique du Val-Joyeux, en déterminant simultanément le potentiel électrique en des points différents à l'aide d'un dispositif transportable. Celui-ci consistait essentiellement en un support en bois le long duquel on pouvait glisser une baguette d'ébonite et au bout de celle-ci on avait fixé et isolé à l'ambre une prise de potentiel à l'ionium. L'ambre était protégé de la poussière et de l'humidité par un manchon en ébonite qui contenait quelques morceaux de sodium.

Pour les mesures on a employé un électromètre à fil de Wulf, et les lectures ont été faites simultanément avec les pointages marqués chaque minute sur l'enregistreur.

Dans un rayon d'action de 300^m et à multiples reprises on a trouvé un parallélisme frappant entre les deux courbes obtenues de la sorte. Ce parallélisme semble tout à fait indépendant de l'état du ciel (en absence de Cu-Nb) et, ce qui est encore plus intéressant, de la direction du vent, même si une prise est protégée contre le vent alors que l'autre lui est exposée. Cependant son influence s'exerce, naturellement, lorsque le vent entraîne de la fumée des locomotives qui passent parfois dans le voisinage ou bien de la poussière levée au passage des voitures et des animaux. Alors les courbes sont différentes, mais en quelques points seulement qui sont d'ailleurs bien définis.

2. Il y avait intérêt d'étendre à de plus grandes distances ces observations. C'est pourquoi nous avons poursuivi cette étude à Madrid un peu

(¹) Séance du 24 juillet 1933.

plus tard; mais l'enregistrement y manquant nous avons employé deux dispositifs transportables tout pareils à celui de Paris.

Les résultats ont été encourageants. Nous avons répété les observations dans des endroits différents en étendant la distance entre les collecteurs jusqu'à 1500^m aux limites du terrain herbé de l'aérodrome de Barajas, à 15^{km} de la ville. Le parallélisme est toujours frappant même lorsque les deux prises sont placées dans la direction du vent. Et cette simultanéité est à tel point qu'il faut bien se préoccuper de faire les lectures exactement au même instant. Alors les petites variations de 1 ou 2 volts sont accusées dans le même sens.

Nous n'avons pas poussé plus loin la distance parce que la topographie du terrain ne le permettait pas.

Pourtant, ces résultats sont suffisants, à notre avis, pour qu'il ne soit plus possible de considérer les fluctuations incessantes du champ comme provoquées seulement par des perturbations locales irrégulières. Pour la plupart de celles-là, il faudrait plutôt songer à un phénomène d'une plus grande ampleur. On y pourrait peut-être voir une autre manifestation de la variation universelle du champ terrestre.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Floridoside, tréhalose et glycogène chez les Algues rouges d'eau douce* (Lemanea, Sacheria). Note de MM. **H. Colin** et **J. Augier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le floridoside, principe sucré des Floridées marines, a été dernièrement caractérisé par nous dans *Lemanea nodosa* et *Sacheria fucina*, deux Floridées d'eau douce.

Nous avons retiré, en outre, de ces algues le tréhalose à l'état cristallisé [1]. Très rare chez les plantes autotrophes, ce sucre est fréquent chez les Champignons, généralement accompagné de glycogène.

Précisément, la présence de glycogène dans les *Lemanea* a été certifiée autrefois par Leo Errera [2]. G. Mangenot [3] s'est rallié à cette manière de voir et considère comme glycogène les fines granulations, colorables par l'iode en brun ou en violacé, que l'on aperçoit chez les Lémanéacées, dans les cellules du thalle et surtout dans les spores.

---

[1] *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1042.

[2] *L'épiplasme des Ascomycètes et le glycogène des végétaux*, *Thèse*, Bruxelles, 1882; voir *Recueil de l'Institut Botanique*, **1**, 1906, p. 30.

[3] *Arch. Morph. gén. et exp.*, **9**, 1922, p. 151.

Ces granulations sont indéniables; nous avons suivi leur accumulation dans les appareils fructifères de *Sacheria fucina*, d'avril à mai. Mais il est superflu désormais d'ajouter que leur nature glycogénique n'est pas prouvée par la coloration qu'elles prennent sous l'action de l'eau iodée. Errera lui-même en avait l'impression, d'où ses efforts pour caractériser le glycogène par voie chimique. De l'extrait de *Lemanea* à l'eau bouillante, neutre ou légèrement alcaline, il obtenait, par affusion d'alcool, un précipité qui, lavé et redissous, donnait une liqueur opalescente, se colorant en brun ou en violacé par l'iode, non réductrice, mais le devenant par traitement aux acides dilués.

Tous les extraits aqueux de Floridées en sont là plus ou moins; la présence du glycogène n'en est pas démontrée pour autant. On solubilise ainsi, dans le cas des *Lemanea*, des mélanges généralement lévogyres de matières gommeuses dont les produits de saccharification, comme ceux de la gélose, ont un pouvoir rotatoire faiblement positif. Si l'on traite par l'acide sulfurique étendu, à 100°, l'algue préalablement dessucrée par l'alcool, on obtient, au bout de cinq minutes, une liqueur légèrement opalescente, lévogyre, colorable en violet par l'iode, et se prenant en gelée par refroidissement; chauffée plus longtemps, elle perd bientôt la faculté de se colorer par l'eau iodée, devient réductrice et dextrogyre ($[\alpha]_D = +20°$).

Aucun de ces traitements ne permet donc de conclure d'une façon certaine à la présence d'une matière glycogénique dans le thalle des *Lemanea*. Le suivant est autrement efficace.

Les algues (*Lemanea nodosa*), dessucrées par l'alcool, sont traitées à chaud par l'eau pure, puis par l'eau alcaline ($NaOH$ à 1 pour 100), pour enlever le plus possible de matière gommeuse; après quoi, on les dessèche et on les triture avec du sable, pour les épuiser ensuite, à 100°, par la potasse à 5 pour 100, durant trois quarts d'heure. Le liquide est décanté après refroidissement et additionné d'alcool fort : il se fait un précipité assez abondant qui, lavé à l'alcool, desséché et remis en solution dans l'eau chaude, donne une liqueur opalescente, très dextrogyre ($[\alpha]_D = +105°$), colorable en violet intense par l'iode.

Cette liqueur, additionnée d'amylase (pancréatine Choay, et non pas amylase du malt, qui pourrait s'attaquer à certaines gommes) cesse, après quelques minutes, même à la température ordinaire, de se colorer par l'iode; elle devient réductrice, en même temps que la rotation diminue. Le milieu néanmoins reste opalescent, visqueux : il renferme une matière gommeuse riche en azote, lévogyre, qui flocule par addition d'alcool. Après distillation de l'alcool, on complète l'hydrolyse par l'acide sulfurique dilué ; le pouvoir

rotatoire s'abaisse alors de + 150 à + 52. La liqueur, neutralisée et concentrée, a donné, du jour au lendemain, une abondante cristallisation de *glucose*.

Nous avons répété ces opérations avec plus de succès encore sur les spores (60^g) de *Lemanea*, séparées du thalle par trituration de ce dernier et centrifugation de la suspension aqueuse.

Les Floridées d'eau douce, telles que *Lemanea*, *Sacheria*, renferment donc bien, outre le floridoside et le tréhalose, une substance glycogénique, au sens étymologique du terme ; il ne s'agit vraisemblablement de rien d'autre que de l'amidon « floridéen », dont la nature a fait l'objet de tant de discussions.

CULTURE DES TISSUS. — *Évolution des cultures prolongées de la paroi de la vésicule ombilicale, chez l'embryon du Poulet.* Note de M. **J.-André Thomas**, présentée par M. Bouvier.

G. Levi ([1a]) a décrit les cellules émigrées, *in vitro*, du blastoderme de l'embryon du Poulet et leur disposition en membrane puis en réseau. Z. Grodzinski ([2]) a explanté des fragments de la vésicule ombilicale du Poulet, donnant surtout une étude détaillée du comportement des cellules, de leurs propriétés phagocytaires et de leurs vacuoles. Je me suis efforcé, ensuite, d'obtenir la culture prolongée de la paroi de ce même organe pour étudier la physiologie de celle-ci *in vitro* ainsi que l'évolution des deux catégories de cellules qui la composent, en dehors du sinus terminal : les cellules ectodermiques et entodermo-vitellines. J'ai décrit antérieurement l'évolution des premiers stades épithéliaux de ces souches ([3a]), je voudrais résumer maintenant leur transformation suivie pendant plusieurs mois.

Lorsque la digestion *in vitro* des grosses enclaves vitellines est déjà avancée et que ces dernières sont réduites à l'état d'enclaves plus petites et de graisses, il y a rupture du bord épithélial, rétraction des larges lames exoplasmiques et émigration des cellules dans le milieu de culture. La perte de contact entre certaines cellules épithéliales, leur émigration, leur changement de forme ont été vus par plusieurs auteurs. G. Lévi ([1b]) a insisté sur cette question. Toutefois, la transformation en réseau de

---

([1]) Guiseppe Lévi, ([a]) *C. R. Assoc. Anatom.*, 1924, 19e réunion, p. 204-217 ; ([b]) *Arch. f. experim. Zellforsch.*, **1**, 1925, p. 1-57.

([2]) Contribution to Embryology. *Publ. Carnegie Inst. Wash.*, **132**, 1930, p. 155-172.

([3]) J.-André Thomas, ([a]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 812-814 ; ([b]) *C. R. Soc. Biol.*, **112**, 1933, p. 1206-1207 ; ([c]) *C. R. Assoc. Anatom.*, 1933, 28e réunion (à paraître).

l'épithélium n'est pas seulement un phénomène de dégénérescence, comme l'a cru Z. Grodzinski ([1]); c'est aussi, quand on arrive à repiquer et entretenir les cultures considérées ici, l'amorce d'une évolution nouvelle, durable, de la morphologie et du mode de croissance des cellules, spécialement de celles issues du syncytium entodermo-vitellin.

Cette évolution peut débuter plus au moins rapidement en goutte pendante. Par exemple, parfois dès le troisième passage, on voit se détacher de l'épithélium initial, isolément ou sous forme de cordons, quelques cellules entodermo-vitellines de plus de 100 μ de long, très riches en petites inclusions vitello-graisseuses. Elles tendent à être étirées dans le sens de leur progression. Elles ont de longs prolongements cytoplasmiques. Au passage suivant, la zone d'invasion est beaucoup plus importante; elle est formée de cordons anastomosés des mêmes cellules qui diminuent de taille en se multipliant activement. Au cinquième passage l'aspect est déjà tout à fait plexiforme. A partir du sixième passage enfin, la culture a le type général d'une culture de fibroblastes. Quelques cellules, çà et là, contiennent encore quelques petits grains de vitellus qui seront bientôt complètement digérés. Cette transformation est beaucoup plus facile à suivre en flacons *Carrel*. On peut obtenir dans certaines conditions ([2]) de très belles cultures épithéliales, remarquablement grandes, qui en six jours par exemple peuvent atteindre plus de 200^{mm^2} de surface. Lorsque la croissance est arrêtée, on se rend compte que les cultures ne contiennent pas un seul fibroblaste. Dans les jours suivants, on peut observer, en présence de jus embryonnaire, chaque stade de la transformation fibroblastique qui se manifeste à la périphérie de l'épithélium et sous lui, toujours dans la profondeur du coagulum.

J'ai isolé ainsi, à partir de vésicules ombilicales âgées de 53 heures à 6 jours, de nombreuses souches. J'ai pu entretenir la souche de 53 heures pendant 5 mois et demi. Dans de telles cultures les cellules entodermo-vitellines, épithéliales, normalement éphémères, sont devenues des fibroblastes, dont la multiplication *in vitro* est théoriquement indéfinie. Toutefois ces cellules conservent des caractères propres : le noyau qui s'est allongé a gardé sa configuration cytologique ainsi que le chondriome et le vacuome ([2]). De même, à la périphérie des cultures ces cellules peuvent encore s'étaler largement, se disposer en très longs cordons minces ou s'isoler et émigrer parfois trés loin. Mais leur croissance est celle des fibroblastes ; elles ne se multiplient activement qu'en présence de jus embryon-

([1]) *Loc. cit.*

([2]) *Loc. cit.* (voir notes (3^b) et (3^c) de la page 425).

naire, alors qu'au stade épithélial leur énergie de croissance à partir des protéines du sérum est tout d'abord très forte.

Dans les mêmes cultures il existe en outre des cellules assez peu nombreuses, généralement petites, arrondies, aréolaires, très chromophiles, pouvant émettre de courts lobopodes. S'agit-il d'une forme de souffrance ou au contraire des cellules ectodermiques de l'épithélium initial qui garderaient ainsi un type épithélial et ne se transformeraient pas en fibroblastes ?

Pour résoudre ce problème, j'ai cherché alors à obtenir la culture séparée des deux feuillets embryonnaires. On peut arriver en raclant très délicatement la couche entodermo-vitelline de la vésicule ombicale, à détacher de petits lambeaux dépourvus d'ectoderme que l'on réunit et ensemence. On obtient de la sorte des cultures uniquement entodermiques(1). Des recherches en cours semblent montrer qu'on peut obtenir de même la culture pure de l'ectoderme, ce qui permettra peut-être de préciser son évolution.

CYTOLOGIE. — *Étude par microincinération de la répartition des matières minérales fixes dans les spermatozoïdes de Mammifères.* Note (2) de M. **A. Policard**, transmise par M. F. Mesnil.

L'application aux spermatozoïdes de Mammifères (Homme, Rat) de la méthode de la micro-incinération permet de se rendre compte de la répartition des matières minérales fixes dans les éléments séminaux.

I. *Anthracogrammes.* — Avec un chauffage modéré, on obtient des préparations dans lesquelles certaines parties de l'élément, complètement réduites en cendres, sont invisibles dans l'examen en lumière transmise, tandis que d'autres parties, demeurées charbonneuses, apparaissent colorées en brun foncé dans les mêmes conditions d'examen. Les anthracogrammes obtenus sont d'une régularité remarquable. La partie antérieure de la tête du spermatozoïde, la pièce intermédiaire et le flagelle sont réduits en cendres avec rapidité. Au contraire, la partie postérieure de la tête et le collet demeurent longtemps charbonneux. Ces résultats sont superposables à ceux que révèlent les colorations cytologiques : en avant, une vacuole donne à la tête un aspect clair; en arrière, la substance de la tête est plus foncée; l'ensemble a la forme d'un gobelet.

Il n'est pas encore possible de définir avec certitude les raisons chimiques

(1) C'est à de telles cultures qu'il faut réserver le terme de *cultures pures du syncytium vitellin ombilical.*

(2) Séance du 24 juillet 1933.

pour lesquelles la substance du segment postérieur de la tête donne des substances goudronneuses si longues à détruire. La confrontation de ces faits avec les résultats histochimiques obtenus par Popa et Marza [1] ne permet pas de conclusions précises. On doit se contenter de noter le caractère chimique hétérogène de la tête du spermatozoïde.

II. *Disposition des cendres* (*spodogramme*). — En poussant le chauffage, on arrive à incinérer complètement les spermatozoïdes. Les cendres étudiées à l'éclairage à fond noir (condensateur cardioïde), à de très forts grossissements, montrent la disposition suivante :

La partie antérieure de la tête est extrêmement pauvre en matières minérales fixes; ses limites sont souvent invisibles, ou marquées par une ligne grêle, à peine perceptible, de granulations très fines de cendres blanches. La partie postérieure renferme au contraire des cendres blanches assez abondantes, apparaissant sous forme de grains semblant surtout placés à la périphérie. La partie centrale, intérieure, de la tête paraît plus pauvre en matières minérales fixes que la région périphérique. La région du collet semble spécialement riche en cendres; le plus souvent, il y a, à ce niveau, un ou deux granules de cendres particulièrement nets. La pièce intermédiaire et le flagelle sont très pauvres en matières minérales fixes. Toutes ces cendres sont constamment blanches; jamais elles ne montrent une teinte rougeâtre, indice sûr de la présence du fer.

Ces résultats sont intéressants à rapprocher de ceux obtenus par Marcus [2] par l'emploi de la microphotographie en lumière ultraviolette; eux aussi conduisent à envisager, dans la partie antérieure de la tête et dans son centre, une substance spéciale très réfringente.

Les spermatozoïdes du Rat blanc diffèrent quelque peu de ceux de l'Homme. Avec les méthodes cytologiques habituelles, la tête du spermatozoïde, avec sa forme en crochet caractéristique, apparaît de constitution homogène. Par microincinération, au contraire, elle se révèle hétérogène. La partie antérieure, celle qui constitue la pointe du crochet, montre des cendres très fines, peu abondantes, offrant une teinte jaunâtre, révélatrice de la présence de fer à ce niveau. La partie postérieure, base du crochet, donne des cendres beaucoup plus abondantes, très blanches, sans trace d'oxyde de fer, très brillantes à l'examen sur fond noir. La pièce intermé-

---

[1] *Bull. d'Histologie appliquée*, 8, 1931, 85; G. T. Popa et V. D. Marza, *Arch. roumaines de Pathologie expérimentale et de Microbiologie*, 4, 1931, p. 301.

[2] *Arch. f. Zellforsch.*, 15, 1921, 445.

diaire et le flagelle ne montrent que des traces extrêmement réduites de cendres.

Dans l'ensemble, les spermatozoïdes de Rat fournissent beaucoup plus de matières minérales fixes que ceux de l'Homme. Mais, dans les deux espèces, ou peut toujours retrouver au niveau de la tête la présence d'une partie antérieure pauvre en matières minérales et d'une partie postérieure en renfermant beaucoup plus.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le noyau phosphoré de l'ichtuline de brochet*. Note [1] de MM. **Swigel** et **Théodore Posternak**, présentée par M. A. Desgrez.

Poursuivant nos recherches sur les phosphoprotéides, et en appliquant les mêmes méthodes que pour la préparation des ovotyrines du jaune d'œuf de poule [2], nous avons obtenu des polypeptides phosphorés contenant jusqu'à 12,6 pour 100 P, à partir d'une vitelline d'œufs de poisson (ichtuline) ; nous les désignerons sous le nom d'*ichtiotyrines*.

Préparation. — Des œufs de brochet récoltés en mars et en avril laissent après extraction à l'alcool bouillant un résidu insoluble (35 pour 100 du poids des œufs frais) qui représente l'ichtuline brute ; il contient anhydre 1 pour 100 P et 14,8 pour 100 N. 1^{kg} de ce produit finement pulvérisé est suspendu dans 50^{l} d'acide chlorhydrique à 0,2 pour 100 ; on le traite par la pepsine à 40°. Après 24 heures de digestion il se dépose un précipité analogue à l'hématogène de Bunge [3]. Il est essoré et dissous dans 10^{l} d'eau alcalinisée par 45^{g} de carbonate et 10^{g} de bicarbonate de soude ; après addition de 100^{g} de bouillie de pancréas bovin, on laisse 48 heures à l'étuve à 40°. Le digestat acidulé à l'acide acétique et filtré est additionné d'acétate de plomb. Il se forme un précipité qui contient près de 60 pour 100 du P de l'ichtuline mise en œuvre ; il est essoré, puis agité à froid avec un léger excès de carbonate de soude à 20 pour 100. Les sels de plomb des peptones phosphorées sont ainsi transformés en sels de soude solubles qui, après filtrage du carbonate de plomb, se laissent fractionner par addition graduelle d'alcool ; en effet, les sels les plus riches en P sont les moins solubles dans l'alcool dilué et se déposent les premiers sous forme d'huiles épaisses. Le produit à teneur en P la plus élevée que nous ayons obtenue possède comme acide libre, après dessiccation dans le vide à 110°, la composition suivante :

C 29,14 pour 100 ; H 4,92 ; N 9,19 ; P 12,63.
N aminé (van Slyke) 2,52 pour 100 de N total.

---

(1) Séance du 24 juillet 1933.

(2) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 909.

(3) *Zeits. f. physiol. Chem.* **9**, 2885, p. 49.

Les propriétés des ichtiotyrines de brochet rappellent beaucoup celles des ovotyrines : faible solubilité dans l'eau, insolubilité dans les dissolvants organiques neutres; grande solubilité des sels alcalins, insolubilité des sels alcalino-terreux et de métaux lourds; réactions du biuret et de Molisch positives; réactions de Millon et xanthoprotéique négatives.

Après 24 heures d'ébullition avec l'acide sulfurique à 35 pour 100, la répartition de l'azote dans l'hydrolysat, d'une ichtiotyrine contenant 12,33 pour 100 P et 9,40 pour 100 N, était la suivante (en pour 100 de N total) : N humique 3,4; N ammoniacal 19,7; N diaminé 20,1.

Dans un essai quantitatif nous avons isolé à partir de 100^g d'ichtiotyrine les produits d'hydrolyse suivants : 39^g,2 d'acide phosphorique; 2^{g}3 d'ammoniaque; 6^g,4 d'acide pyruvique; 4^g,6 d'arginine; 26^g,1 de *l*-sérine.

L'ammoniaque et l'acide pyruvique résultent, comme chez les lacto- et ovotyrines, de la désamination de la sérine; en effet leur quantité augmente régulièrement avec la durée de chauffe et la concentration de l'acide.

Les ichtiotyrines, à en juger par leur réaction de Molisch, contiennent des glucides, mais c'est aux hydroxyles des sérines qu'est certainement combiné l'acide phosphorique : en effet après hydrolyse ménagée (10^h d'ébullition avec l'acide sulfurique à 15 pour 100) nous avons obtenu, à partir de l'ichtiotyrine comme autrefois à partir de l'ovotyrine (1), des peptides phosphorées de rapport N/P variant de 1,05 à 1,3 (N aminé d'après Van Slyke jusqu'à 90 pour 100 de N total); après hydrolyse complète, ils ne fournirent que de l'acide phosphorique et de la sérine à côté d'ammoniaque et d'acide pyruvique. Les ichtiotyrines présentent d'autre part la réaction que nous considérons comme caractéristique pour les chaînes d'acides sérine-phosphoriques : formation d'acide pyruvique et d'ammoniaque par une très courte chauffe en milieu alcalin (2).

Chez tous les phosphoprotéides que nous avons étudiés, l'acide phosphorique se trouve combiné sous forme d'éther à la sérine; cette identité du mode de liaison du phosphore chez des protides d'origine aussi différente que la caséine du lait de vache, la vitelline du jaune d'œuf de poule, l'ichtuline des œufs de brochet, démontre toute l'importance de l'acide sérine-phosphorique dans le métabolisme des vertébrés.

---

(1) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 615 et, plus de détails, TH. POSTERNAK, *Sur le mode de liaison du phosphore et du fer dans l'ovovitelline* (*Thèse* de Genève, 1928).

(2) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 313.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude comparée de la constitution chimique du muscle d'animaux normaux, morts d'inanition totale ou d'inanition protéique.* Note de Mme **André Roche**, présentée par M. A. Desgrez.

Nous avons montré [1] que le jeûne azoté réalisait une condition particulièrement favorable à l'étude de variations possibles de la composition des protéines musculaires. Aussi avons-nous entrepris une analyse comparée du muscle chez des Rats morts d'inanition protéique, normaux, ou morts d'inanition totale. Une telle étude pouvait *a priori* permettre d'observer des modifications susceptibles d'apporter quelques précisions sur la nature ou sur l'existence même de réserves azotées dans le muscle.

Tous les dosages rapportés ici ont été effectués sur la poudre musculaire dégraissée, sans cendres et sans extractifs. Une telle poudre est constituée exclusivement par la protéine musculaire et les noyaux, ceux-ci ne représentant qu'une fraction minime du poids total (2 pour 100 au plus). Voici un tableau d'ensemble des résultats obtenus sur 25 préparations :

Taux des divers constituants de la protéine musculaire (en pour 100 du muscle sec).

	Rats normaux (9 animaux).	Rats morts d'inanition totale (6 animaux).	Rats morts d'inanition protéique (10 animaux).
N total	15,38 à 16,00	16,27 à 17,14	15,09 à 17,38
Moyenne	15,77	16,74	16,31
P nucléinique	0,118 à 0,138	0,091 à 0,124	0,128 à 0,188
Moyenne	0,128	0,112	0,152
$\frac{\text{P nucléinique}}{\text{N total}}$	809	667	918
N humide	0,175	0,178	0,175
N ammoniacal	1,55	1,49	1,38
N monoaminé	8,41	9,07	9,54
N diaminé	5,72	5,86	5,06
Tyrosine	2,92	3,01	2,59
Tryptophane	1,77	1,70	1,39
Cystine	3,31	3,52	3,62
Arginine	9,36	9,26	9,10
Histidine	3,36	3,45	3,39
Lysine	9,73	10,04	5,70

L'examen de ce tableau nous permet de faire les quelques observations qui vont suivre :

La teneur en azote total de la poudre musculaire est, en moyenne,

[1] A. Roche, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 279.

de 15,77 pour 100 chez le Rat normal et de 16,74 pour 100 chez les animaux inanitiés; les écarts autour de la moyenne ne dépassent pas alors 2 pour 100. Chez les animaux morts d'inanition protéique, la teneur en azote de la poudre de muscle est en moyenne de 16,31 pour 100, mais ici les écarts entre les chiffres extrêmes sont considérables. Le phosphore nucléinique diminue au jeûne total et augmente à l'inanition protéique. Ceci étant, le rapport nucléoplasmatique, représenté par le quotient : P nucléinique/N total subit des variations parallèles à celles de P nucléique. Le rapport N monoaminé/N diaminé est identique chez le Rat normal ou mort d'inanition totale, il est fortement augmenté après inanition protéique.

Alors que l'histidine ne varie pratiquement pas, la tyrosine, le tryptophane et la lysine, dont le taux est à peu près identique chez le Rat normal ou inanitié, diminuent fortement au cours de l'inanition protéique. La teneur en arginine s'abaisse légèrement dans la même condition; enfin la cystine, dont le taux augmente au cours du jeûne, s'accroit aussi légèrement dans le muscle des sujets soumis à l'inanition protéique.

Les variations non systématiques de l'azote total observées ne sont pas favorables à l'hypothèse admettant l'existence d'une protéine de réserve, dont le départ, au cours de l'inanition protéique, déterminerait, contrairement à ce que l'on observe ici, une variation de la teneur en azote toujours de même sens, et d'autant plus marquée que la perte azotée serait plus grande. Ces faits ne peuvent s'expliquer que par une dislocation partielle de la protéine musculaire, déterminant le départ de chaînes polypeptidiques d'acides aminés plus ou moins riches en azote. La diminution marquée de la teneur en tryptophane, en tyrosine, en lysine, acides aminés indispensables à l'entretien, vient à l'appui de cette manière de voir. Nous avons ici une démonstration de la dépense en ces acides aminés pour la couverture du « service physiologique », dépense qui se fait aux dépens de protéine des tissus lorsque la ration alimentaire ne couvre pas ce besoin différencié en azote.

Par ailleurs, si de récents travaux ont montré que les protéines peuvent se polymériser ou se dépolymériser en molécules de poids divers, nos résultats indiquent que la composition même de ces molécules en acides aminés est susceptible de variations importantes.

La séance est levée à 15h40m.

A. Lx.